

Planeamento de Restauro de corredores fluviais na bacia do Rio Grande

Débora Jesuíno Mestre

Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente

Orientador: Doutora Maria Teresa Marques Ferreira da Cunha Cardoso

Co-orientador: Doutora Maria da Graça Corte-Real Mira da Silva Abrantes

Júri:

Presidente: Doutora Elizabeth Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutora Maria Teresa Marques Ferreira da Cunha Cardoso, Professora Associada com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora Francisca Constança Frutuoso de Aguiar, Investigadora do Centro de Estudos Florestais

AGRADECIMENTOS

Gostaria de manifestar o meu agradecimento a todos aqueles que contribuíram para que a realização deste trabalho fosse possível.

À Professora Maria Teresa Ferreira pela sua orientação, compreensão e pela sua motivação e disponibilidade demonstrado pelo trabalho desenvolvido.

À Professora Graça Abrantes, pelos ensinamentos em matéria de SIG que foram determinantes para o desenvolvimento do trabalho, pela sua disponibilidade e dedicação a este trabalho, o meu profundo obrigado.

À Eng. Helena Alves da Administração da Região Hidrográfica do Tejo pela sugestão do tema da dissertação e pela cedência de todos os dados indispensáveis à sua realização.

Aos meus pais e irmã pelo seu apoio incondicional e motivação em todos os momentos da minha vida.

E por fim, ao meu companheiro de todas as horas, Orlando Cristina e ao nosso filho que no meio desta jornada nasceu e me mostrou o verdadeiro significado do amor incondicional.

RESUMO

De acordo com a Directiva Quadro da Água (DQA), que estabelece que os Estados-membros devem tomar medidas orientadas para a protecção, melhoria e recuperação das massas de águas superficiais com o objectivo de alcançar o bom estado dessas águas, o presente trabalho tem como objecto avaliar o estado ecológico das massas de água do Rio Grande, através da aplicação da metodologia Pré-classificação do Estado Ecológico. Esta metodologia permite uma divisão do sistema fluvial em troços com características homogéneas, a identificação do nível de degradação dos mesmos através da mensuração das pressões antropogénicas locais e o planeamento das medidas e acções de restauro a implementar a fim de atingir as metas definidas pela DQA.

Palavras-chave: pré-classificação do estado ecológico, pressões antropogénicas, sistema fluvial, troço fluvial, acções de restauro.

ABSTRACT

According to the Water Framework Directive (WFD), which requires Member States to take measures in order to protect, enhance and restore the superficial water bodies, looking to attain a good water quality status, the work at hand aims at assessing the ecological status of the Rio Grande water bodies, by implementing the Predicted Ecological State methodology. This methodology allows the division of the fluvial ecosystem in sections with homogenous features, the identification of its degradation level through the measurement of local anthropogenic pressures and plan rehabilitation measures and actions so as to achieve the goal set by the WFD.

Keywords: predicted ecological state, anthropogenic pressures, fluvial ecosystem, stream, restoration actions

EXTENDED ABSTRACT

Considering the impacts on water courses due to the increasing and complex human activities, it is necessary to find methods able to assess the ecosystems ecological status so as to promote their restoration by planning the respective hydrographical basins.

In this context, the scope of the present work is to assess the ecological status of Rio Grande, by implementing the Predicted Ecological State Methodology, which has already been used in other fluvial ecological restoration projects, and propose restoration actions regarding the diagnosed pressures and the achieved outcomes.

This methodology is based on the assumption that the ecological effects of a water body depend directly on the anthropogenic pressures it is subjected to, and that, if we extract those pressures according to their magnitude and type, the fluvial ecosystem will be restored. Therefore the Predicted Ecological State consists of a pressures charter which portrays the restoration measures to be implemented in the fluvial ecosystem, whether at a stream, basin or hydrographical region level. In order to apply this methodology there was the need to use specific software, namely the Geographical Information System – ArcGIS, whereby, using the georeferenced information, the pressures variables were located and represented and consequently the fluvial ecosystem conservation status.

The data and outcomes obtained through this study can be used as a supporting tool to the ecological restoration of the fluvial ecosystem, helping in the environmental management of Rio Grande, and thus cause used for the implementation of Directive 2000/60/CE of the European Parliament and of the Council of 23 October (Water Framework Directive - WFD), the WFD determines that each region must establish a measures programme considering the hydrographical region characterization conclusions, the study on the impact of human activity on the water quality status, the economical analysis of the water uses and the environmental goals defined in it.

INDICE

RESUMO	3
ABSTRACT	4
EXTENDED ABSTRAC	5
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
1.INTRODUÇÃO	10
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
3. METODOLOGIA	15
3.1- Definição dos Troços Fluviais	15
3.2 – Variáveis de Pressão	17
3.3 - Definição de Eixos Ecológicos	17
3.4 – Pré-Classificação do Estado Ecológico	28
4. RESULTADOS	29
4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS TROÇOS FLUVIAIS	29
4.2 RESULTADO DA PRÉ CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO ECOLÓGICO	32
4.2.1 Eixo de Qualidade da Água	32
4.2.2 Eixo de Alterações Morfológicas	33
4.2.3 Eixo de Alterações da Quantidade de Água	35
4.2.4 Eixo de Alterações da Galeria Ribeirinha.....	35
4.2.5 Pré-Classificação do Estado Ecológico	39
5. PLANEAMENTO DE RESTAURO FLUVIAL DA BACIA DO RIO GRANDE	41
5.1 PROPOSTA DE MEDIDAS E ACÇÕES DE RESTAURO	41
5.2 CARTA DE PLANEAMENTO DE MEDIDAS E ACÇÕES DE RESTAURO	57
6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	58
7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização Geográfica da bacia do Rio Grande	13
Figura 2 - Precipitação média anual	16
Figura 3 – Altitude	16
Figura 4 - Geologia do Terreno	16
Figura 5 - N° de ordem de Stralher	16
Figura 6 - Pressões Tópicas (K1)	19
Figura 7 - Área Agrícola Temporariamente Irrigada (K2)	19
Figura 8 - Área Agrícola Não Irrigada (K3)	19
Figura 9 - Área Impermeável Proximal (K4)	22
Figura 10 - Vias de Comunicação (K5)	22
Figura 11 - Atravessamentos (K6)	22
Figura 12 - Captações subterrâneas (K7)	24
Figura 13 - Imagem <i>GoogleEarth</i> - visualização dos pontos utilizados na medição de galeria ribeirinha e espécies invasoras	26
Figura14 - Identificação dos troços fluviais da Bacia do Rio Grande	29
Figura15 - Identificação das sub-bacias de drenagem dos troços fluviais.	30
Figura 16 - Segmentação da rede fluvial da Bacia do Rio Grande em troços fluviais homogêneos	31
Figura 17 - PEE da variável K1	32
Figura 18 - PEE da variável K2	32
Figura 19 - PEE da variável K3	33
Figura 20 - PEE do Eixo da Qualidade da Água	33
Figura 21 - PEE da variável K4	34
Figura 22 - PEE da variável K5	34
Figura 23 - PEE da variável K6	34
Figura 24 - PEE do Eixo das Alterações Morfológicas	35
Figura 25 - PEE do Eixo das Alterações da Quantidade de Água	35
Figura 26 - PEE do da variável K8	37
Figura 27 - PEE do da variável K9	37
Figura 28 - PEE do Eixo das Alterações da Galeria Ribeirinha	39
Figura 29 - Pré- Classificação do Estado Ecológico do Rio Grande	39
Figura 30 - Captação de água para rega de campos agrícola (Troço 37)	44
Figura 31- Eutrofização da massa de água (Troço 37)	44
Figura 32- Pontos de descargas (Troço 42)	45

Figura 33 - Poço de infiltração de águas pluviais	48
Figura 34 - Tipos de alimentação de trincheira de infiltração (Azzout et al. 1994)	48
Figura 35 - Exemplos de trincheira de infiltração e de trincheira de retenção (Azzout et al. 1994)	49
Figura 36 - Exemplo de Bacia de retenção	49
Figura 37 - Secção transversal de pavimento reservatório	50
Figura 38 - Vala relvada integrada em espaço verde	51
Figura 39 - Troço do rio Grande com ausência de galerias ribeirinhas	52
Figura 40 - Troço do rio Grande com vegetação infestante nas margens (<i>Arundo donax L</i>)	52
Figura 41- Troço 40 e 42 do Rio Grande (Fotografia aérea) onde é possível verificar a ausência de galeria ribeirinha e invasão de espécies exóticas.	52
Figura 42 - Rectificação do traçado dos canais Petersen <i>et al.</i> ,1992)	53
Figura 43 – Diminuição do declive das margens Petersen <i>et al.</i> ,1992)	53
Figura 44 - Banda de vegetação protectora Petersen <i>et al.</i> ,1992)	53
Figura 45 – Reflorestação da zona Ribeirinha (Petersen <i>et al.</i> ., 1992)	54
Figura 46 – Formação de rápidos e remansos (Petersen <i>et al.</i> ,1992)	54
Figura 47 – Recuperação da sinuosidade do rio (Petersen <i>et al.</i> ,1992)	54
Figura 48 - Reforço da estabilidade das margens (Petersen <i>et al.</i> ,1992)	55
Figura 49 - Carta de Planeamento de Restauo Fluvial	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Variáveis e respectivas classes utilizadas na segmentação dos troços fluviais	17
Tabela 2- Variáveis de pressão que caracterizam o Eixo de Qualidade da Água.....	20
Tabela 3- Classificação do Eixo da Qualidade da Água.....	20
Tabela 4. Variáveis de pressão que caracterizam o Eixo de Alterações Morfológicas.....	23
Tabela 5. Classificação do Eixo de Alterações Morfológicas.....	23
Tabela 6. Variável de pressão que caracteriza o Eixo de Alterações da Quantidade de Água. ...	24
Tabela 7. Classificação do Eixo de Alterações Quantidade da Água.....	25
Tabela 8. Variável de pressão que caracteriza o Eixo de Alterações da Galeria Ribeirinha.....	27
Tabela 9. Classificação do Eixo de Alterações da Galeria Ribeirinha.....	28
Tabela 10. Classificação da Pré-classificação do Estado Ecológico.....	28
Tabela 11- Tipos de troços fluviais na rede hídrica da Bacia do Rio Grande.....	30
Tabela 12- Determinação da Perda de Galeria Ribeirinha.	36
Tabela 13- Caracterização da ocupação de espécies invasoras.....	38
Tabela 14. Síntese das medidas e ações de restauro para a bacia do rio Grande.....	41

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o II Inquérito Nacional – Os Portugueses e o Ambiente (2001), publicado pela OBSERVA – Ambiente, Sociedade e Opinião Pública, quando se questionou sobre a paisagem ambientalmente mais chocante, verificou-se que dois em cada três portugueses, referiu o rio poluído, com peixes mortos.

Atualmente em Portugal, os rios e ribeiras apresentam vários problemas, nomeadamente ao nível dos usos comuns e da exploração de recursos que ocorrem ao longo da sua bacia hidrográfica. Muitos destes problemas resultam de atividades como o abastecimento de água, irrigação para uso agrícola, transporte, gestão florestal, etc., e são potencialmente causadoras de alterações profundas e duradouras na estrutura ecológica e nas funções dos ecossistemas fluviais (Hermoso *et al.*, 2011).

Face aos impactes nos cursos de água devido à intensificação e complexidade das atividades humanas, torna-se necessário encontrar métodos que consigam avaliar o estado ecológico dos ecossistemas com o objectivo de promover o seu restauro através do planeamento e ordenamento das respectivas bacias hidrográficas.

O restauro ecológico assume que muitas das pressões que degradam os ecossistemas são temporárias, e que algumas porções de perda de habitat e declínio de populações são recuperáveis. Claro que extinções são para sempre e que existe probabilidade de muitos habitats perdidos não serem recuperados, desta forma o restauro ecológico procura reparar o que pode ser reparado e assegurar o destino de habitats e populações sobreviventes, independentemente de terem sido ameaçados anteriormente (Young, 2000).

Neste contexto, o presente trabalho visa avaliar o estado ecológico do Rio Grande, através da aplicação da metodologia de Pré-Classificação do Estado Ecológico, já utilizada noutros projectos de restauro ecológico fluvial, e propor acções de restauro mediante as pressões identificadas e resultados obtidos.

Esta metodologia tem como pressuposto que os efeitos ecológicos numa massa de água dependem directamente das pressões antrópicas a que esta está sujeita, e que, se extrairmos as pressões de acordo com a sua grandeza e tipo, o sistema fluvial irá recuperar. Desta forma, a Pré-Classificação do Estado Ecológico traduz-se numa carta de pressões onde estão representadas as medidas de restauro a implementar no sistema fluvial, sendo possível de aplicar a nível de troço, de bacia ou mesmo de uma região hidrográfica.

São muitas as estratégias que se podem adoptar quando se pretende realizar o restauro ecológico de rios, mas todas elas devem assentar nos princípios científicos que regem o seu funcionamento como ecossistemas. Segundo os conceitos atuais, o restauro deve ser orientado para o ecossistema, e não para espécies-alvo, e abarcar essencialmente as suas funções hidrológicas e geomorfológicas, enquadradas pelos modelos conceptuais da ecologia fluvial (Cortes *et al.*, 2004)

Um dos instrumentos vitais para um correcto restauro ecológico passa por uma análise cuidada e implementação da Directiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro (Directiva Quadro da Água – DQA). Esta directiva estabelece um enquadramento para a protecção das massas de água que “evite a continuação da degradação e proteja e melhore o estado dos ecossistemas aquáticos, dos ecossistemas terrestres e das zonas húmidas diretamente dependentes dos ecossistemas aquáticos”.

A DQA determina como objectivos ambientais, para as águas de superfície a prevenção da deterioração das águas e o “bom estado das águas”, que integra o “bom estado ecológico” e o “bom estado químico”, e que corresponde ao estado em que se encontra um meio hídrico de superfície quando os seus estados ecológico e químico são considerados pelo menos “bons”.

O “estado químico” está relacionado com a presença de substâncias químicas no ambiente aquático que, em condições naturais, não estariam presentes, e que são susceptíveis de causar danos significativos para a saúde humana e para a flora e fauna, pelas suas características de persistência, toxicidade, bioacumulação. O bom estado químico corresponde ao estado químico de uma massa de água de superfície em que as concentrações de poluentes não ultrapassam as normas de qualidade ambiental legalmente estabelecidas (Henriques *et al.*, 2000).

O “estado ecológico” exprime a qualidade estrutural e funcional dos ecossistemas aquáticos associados às águas de superfície. Este conceito, cuja definição é especificada na DQA para os diferentes tipos de águas, engloba diversos parâmetros relativos à natureza físico-química da água, às características hidrodinâmicas e à estrutura física dos meios hídricos, embora a ênfase seja posta nos parâmetros relativos às condições dos elementos bióticos dos ecossistemas aquáticos. A definição do estado ecológico é feita com base na avaliação dos parâmetros dos elementos de qualidade biológica, hidromorfológica e físico química da massa de água. (Henriques *et al.*, 2000).

Esta directiva recomenda ainda que os Estados-Membros deverão fazer um esforço para que os ecossistemas naturais alcancem o bom estado ecológico, enquanto os ecossistemas fortemente modificados e artificializados deverão atingir o bom potencial ecológico, compatível com os usos humanos a que se encontram sujeitos. O estado ecológico de um determinado local deve ser avaliado

pelo desvio que a estrutura biológica e o funcionamento do ecossistema apresentam em relação à situação de referência quando esse local não se encontrava sujeito a pressões humanas (Freitas, 2012).

De acordo com o Artigo 11.º da DQA, cada região hidrográfica deve estabelecer um programa de medidas que tenha em conta os resultados da caracterização da região hidrográfica, o estudo do impacto da actividade humana sobre o estado das águas, a análise económica das utilizações da água e os objectivos ambientais nela definidos, pelo que, os dados e os resultados obtidos a partir deste estudo podem ser utilizados como ferramenta de apoio ao restauro ecológico do sistema fluvial, tanto ao nível do segmento quanto ao nível da bacia, auxiliando na gestão ambiental do Rio Grande e consequentemente na implementação da DQA.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Grande localiza-se no concelho da Lourinhã, faz parte da Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste e encontra-se integrada na região hidrográfica do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste – RH4 – definida pelo Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de Outubro.

O Rio Grande apresenta uma extensão total de 78,66 km, tendo a sua bacia uma área de 93,88 km². Nasce na Moita dos Ferreiros e tem a sua foz no Oceano Atlântico na Praia da Areia Branca, tendo como afluentes a Ribeira da Várzea e o Rio Toxofal.

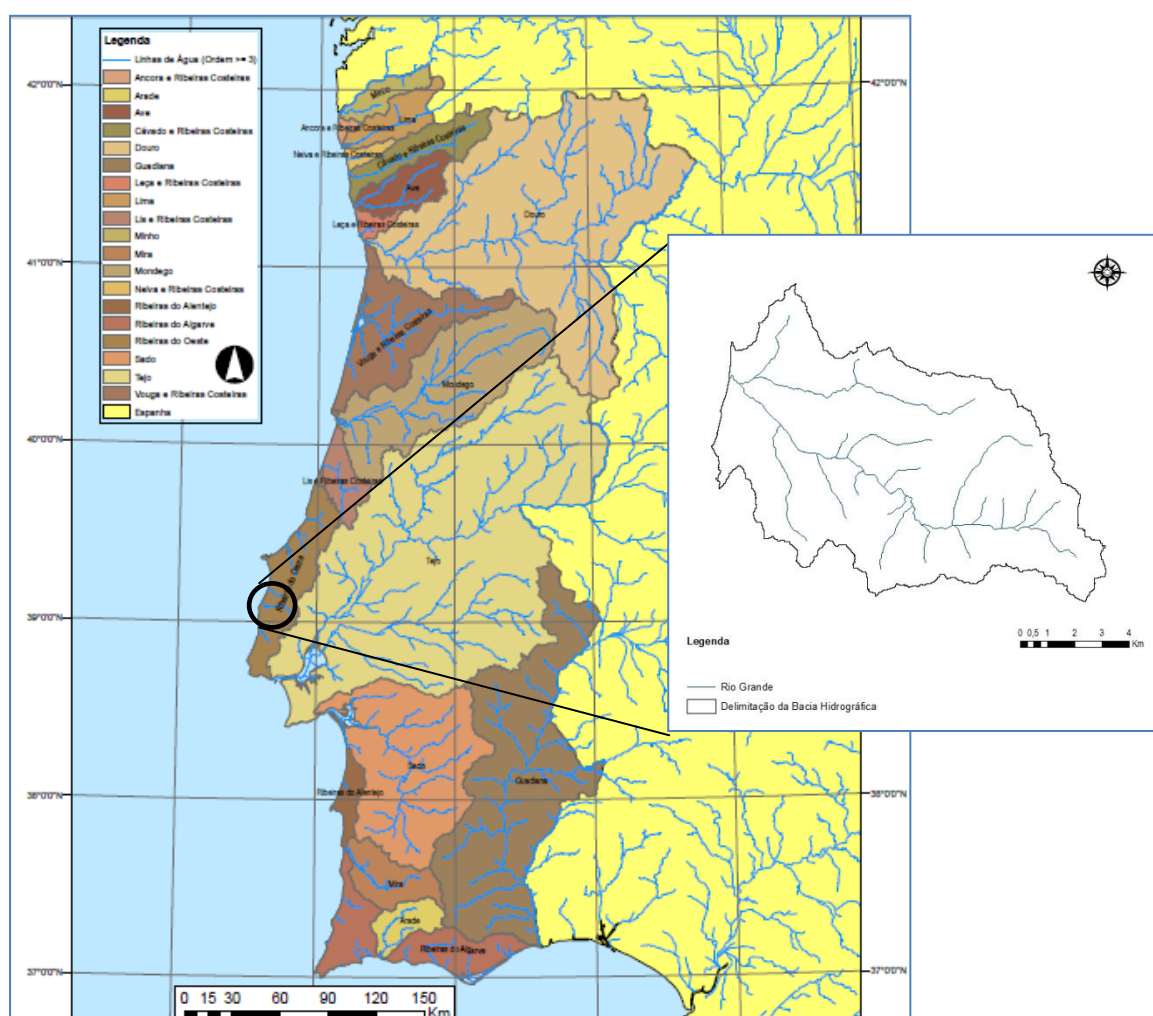


Figura 1- Localização Geográfica da bacia do Rio Grande. Fonte: SNIRH acedido em 15-08-2013

As principais formações rochosas desta área pertencem ao Jurássico e apresenta ainda, numa área reduzida, formações aluvionares que acompanham parte do principal curso de água. As principais unidades litológicas, para além dos aluviões junto à foz do Rio Grande, são essencialmente constituídas por conglomerados, arenitos, margas e calcários.

A área de estudo em análise apresenta uma pluviosidade que varia entre 500mm a jusante e 800mm nas áreas a montante. Relativamente à altimetria do terreno verifica-se variações na ordem dos 0 m na foz do Rio Grande e 200,5 m nas áreas a montante.

No que respeita à paisagem e uso dos solos, esta encontra-se muito compartimentada, não só pelos agregados populacionais mas pela atividade agrícola que ocupa grande parte desta área. É ainda possível verificar a existência de áreas naturais, como as florestas de folhosas e mistas.

3. METODOLOGIA

A metodologia adoptada para a realização deste trabalho foi a Pré-Classificação do Estado Ecológico (PEE), que consiste na caracterização e posterior quantificação do grau de degradação de um sistema fluvial devido à presença de atividades antropogénicas na sua área de drenagem.

Esta metodologia teve origem no Índice KT desenvolvido para os Planos de Bacia Hidrográfica do início dos anos oitenta (Cortes *et al.*, 2002) e posteriormente foi aplicada, com algumas alterações, à Região do Algarve.

Esta metodologia pretende, numa fase inicial, diferenciar massas de água de um corredor fluvial em função de variáveis geográficas e hidrológicas da sua bacia hidrográfica. Posteriormente, são introduzidos elementos que caracterizam atividades humanas na área de drenagem com o objetivo de efetuar um diagnóstico que assenta em quatro eixos: Eixo da Qualidade da Água, Eixo das Alterações Morfológicas, Eixo de Alterações de Quantidade de Água e Eixo de Alteração da Galeria Ribeirinha. Para cada eixo são definidas classes de magnitude que variam entre 1 (Mau) e 5 (Muito Bom), que são utilizadas para caracterizar o estado ecológico do corredor fluvial e apoiar o planeamento de restauro do mesmo.

Para a aplicação desta metodologia foi necessário a utilização do *software* de Sistema de Informação Geográfica, ArcGIS, estando os principais processos utilizados descritos no Anexo I do presente documento.

3.1- Definição dos Troços Fluviais

A aplicação da PEE consiste em inicialmente segmentar um corredor fluvial em troços com características próprias no que respeita à geologia, precipitação, altitude e nº de ordem de Strahler.

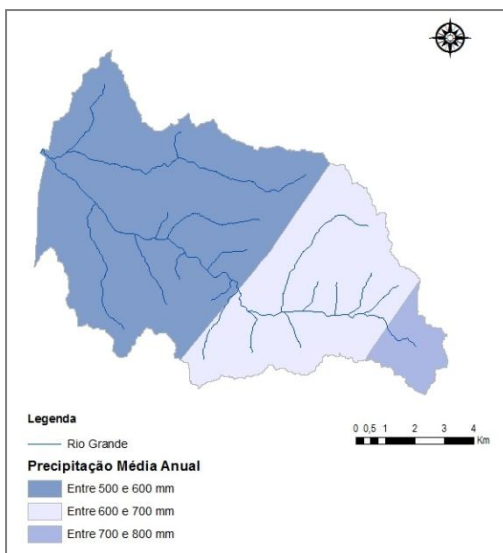


Figura 2- Precipitação média anual

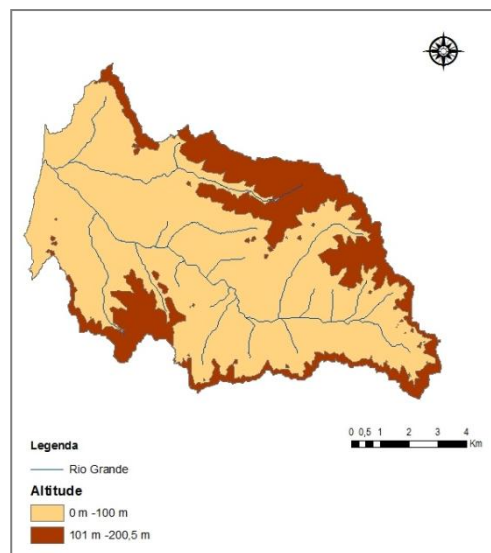


Figura 3- Altitude

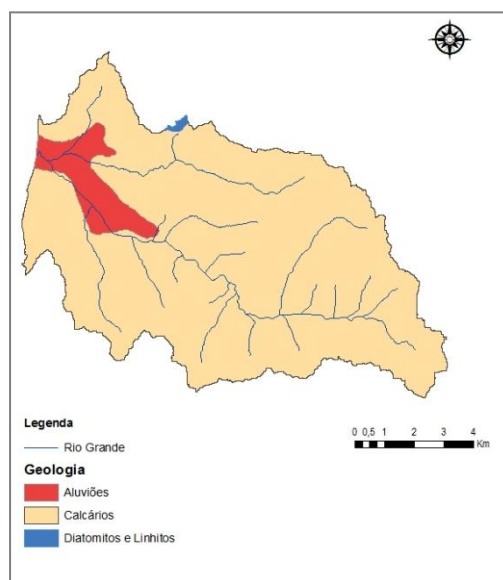


Figura 4 – Geologia

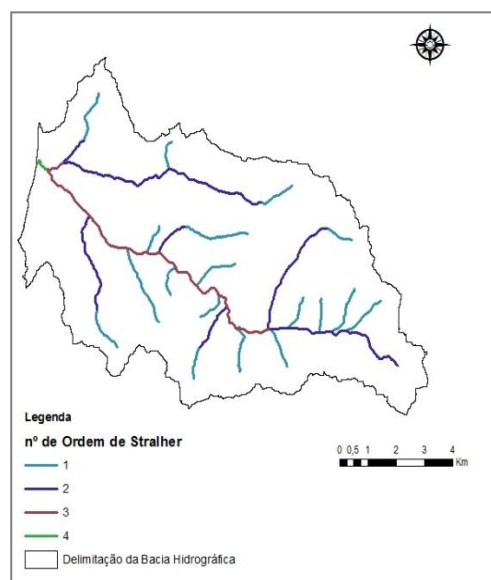


Figura 5 – Nº de ordem de Strahler

Estas variáveis representam os três eixos ecológicos determinantes dos ecossistemas fluviais mediterrâneos: hierarquia, geomorfologia e disponibilidade hídrica. O número de ordem de Strahler está ligado à hierarquização da rede fluvial, sendo função da distância à nascente, relacionando-se com a magnitude da drenagem ao longo da bacia. Em termos biológicos relaciona-se com a sucessão longitudinal das comunidades. A geologia influencia as características físico-químicas da água em termos de concentração de nutrientes, capacidade tamponizante e transporte de sólidos afectando consequentemente a produtividade primária e secundária. A altitude está associada ao relevo, à topografia e reflecte a forma do vale, contribuindo para as características morfométricas do troço. A precipitação determina as condições hidrológicas e as categorias de caudal, condicionando o biota (citado por Freitas, 2012).

O cruzamento destas quatro variáveis permitiu organizar troços fluviais com as mesmas características e delimitar as respetivas bacias de drenagem de acordo com as classes definidas tabela 1.

Tabela 1- Variáveis e respetivas classes utilizadas na segmentação dos troços fluviais

Variáveis	Classes	Fonte de Informação
Altitude (m)	[0-100[[100-200,5]	Modelo Digital do Terreno (MDT), à escala 1:25 000, disponibilizado pela ARH
Geologia	Calcários Aluviões Diatomitos e Linhitos	Desenvolvido a partir da Carta Geológica de Portugal Continental do Atlas do Ambiente, à escala 1:500 000
Nº de Ordem de Strahler	1 2 3 4	Elaborado a partir das linhas de água disponibilizadas pela ARH
Precipitação média anual (mm)	[500-600[[600-700[[700-800]	Carta da Precipitação para Portugal Continental do Atlas do Ambiente, à escala 1: 1 000 000

3.2 – Variáveis de Pressão

Após a segmentação do corredor fluvial foram adicionadas as pressões antropogénicas significativas a que cada troço está sujeito. Os dados foram cedidos pela Administração Regional Hidrográfica do Tejo (ARH) , pelo Instituto Superior de Agronomia (ISA) e obtidos através da informação disponível no site <http://www.openstreetmap.org/>. Esta informação permitiu elaborar um diagnóstico do corredor fluvial relativamente à qualidade e quantidade da água, às alterações morfológicas do sistema fluvial e às alterações da zona ribeirinha do Rio Grande.

Como referido anteriormente, a metodologia teve origem no índice KT e as variáveis de pressão são designadas por Ki e o valor final por KT. De forma a normalizar as variáveis de pressão permitindo uma comparação entre elas e que possuam uma importância idêntica para a definição da classificação final do estado ecológico da rede fluvial em estudo (Pré-classificação do Estado Ecológico) procedeu-se à categorização de cada variável em cinco classes situando-se entre o Muito Bom (valor 1) e Mau (valor 5).(citado por Barroso, 2011).

3.3 - Definição de Eixos Ecológicos

Para a realização deste trabalho foi necessário adaptar a metodologia PEE através da adição de mais um eixo. Desta forma, a PEE será baseada em quatro eixos, nomeadamente: i) Eixo da Qualidade da Água,ii)

Eixo das Alterações Morfológicas, iii) Eixo de Alterações de Quantidade de Água e iv) Eixo de Alteração da Galeria Ribeirinha.

Seguidamente encontram-se definidas as especificidades dos eixos acima identificados.

i) **EIXO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

A qualidade da água do Rio Grande varia em função de perturbações associadas à atividade humana na sua bacia hidrográfica. As fontes de poluição podem ser pontuais, como as provenientes de suiniculturas, locais de descarga das ETARS, etc., ou difusas, como por exemplo a agricultura, causando poluição da água por escoamento superficial e infiltração (Barroso, 2011).

Para avaliar o Eixo da Qualidade da Água (EQA) foram consideradas três categorias de variáveis, nomeadamente, Fontes Pontuais de poluição (K1), Uso Agrícola de Culturas irrigadas (K2) e Uso de Culturas Não Irrigadas (K3).

Fontes pontuais de poluição (K1): as fontes pontuais de poluição são muitas vezes responsáveis por alterações físico-químicas e microbiológicas na água de um rio, provocando uma consequente degradação do mesmo. Para além disso, são também responsáveis por um aumento de carga orgânica e nutrientes que naturalmente origina a eutrofização das águas.

Nesta variável, foi considerada informação referente à existência de fontes poluentes provenientes de agro-indústria, indústria transformadora, descargas de águas residuais, pecuárias, indústria extrativas, na área das bacias de drenagem de cada troço identificado. Esta informação foi cedida pela ARH (figura 6).

Uso Agrícola Culturas Irrigadas (K2): Para além dos impactes ambientais associados à agricultura, no caso de ser irrigada, esta acarreta problemas lixiviação de solos e de transporte de nutrientes para o subsolo e linhas de água na proximidade, podendo igualmente contaminar aquíferos existentes.

Para esta variável foi considerada as áreas, das bacias de drenagem dos troços identificados, ocupadas pela agricultura de regadio temporário (figura 7). Esta informação foi retirada do *CORINE LAND COVER 2006* (Bossard *et al.*, 2000).

Uso Agrícola Não Culturas Irrigadas (K3): Apesar de não irrigadas, os impactes ambientais associados à agricultura, prendem-se igualmente com os problemas de transporte de nutrientes para o subsolo e linhas de água, provocando eutrofização nas massas de água superficiais.

Para esta categoria estão incluídas as áreas ocupadas por vinhas, pomares, sistemas culturais e parcelares complexos e agricultura com espaços naturais (figura 8). Esta informação foi retirada do CORINE LAND COVER 2006 (Bossard *et al.*, 2000)

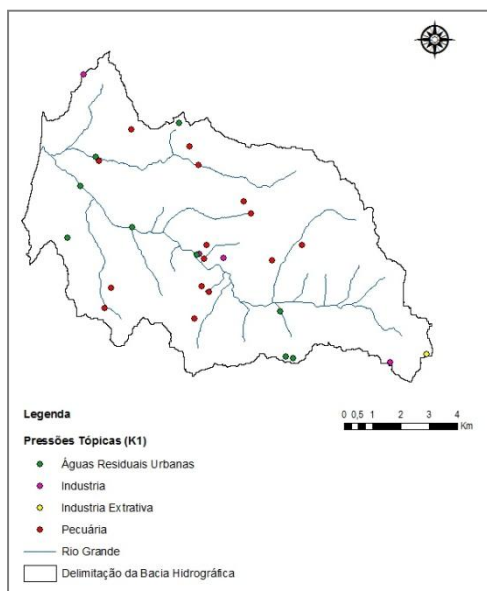


Figura 6 – Pressões Tópicas (K1)

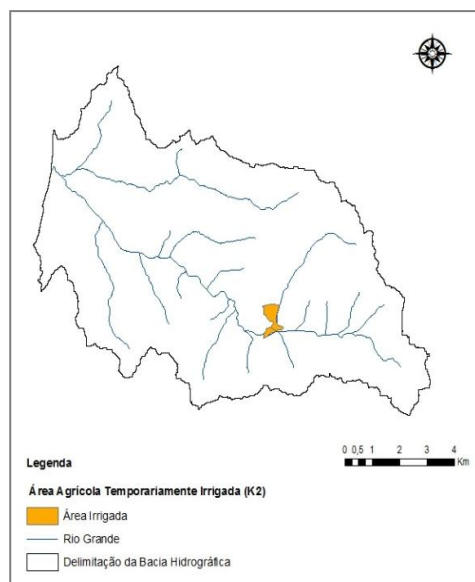


Figura 7 – Área Agrícola Temporariamente Irrigada (K2)

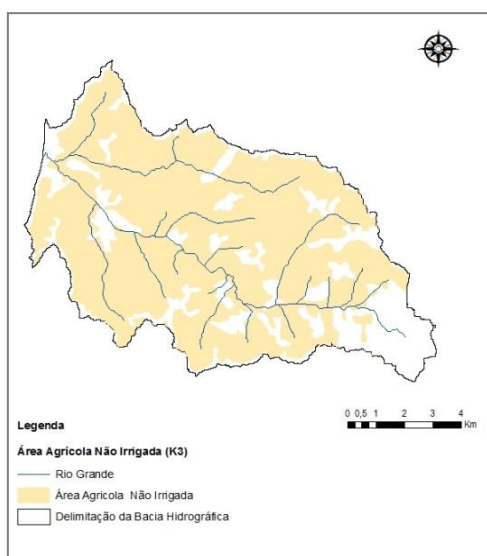


Figura 8 – Área Agrícola Não Irrigada (K3)

A classificação do EQA é efetuada com base nas variáveis acima definidas e de acordo com a informação da tabela 2.

Para as variáveis relativas às Fontes Pontuais de Poluição foi ainda considerado fator de ponderação ($K1a$) que pretende potenciar as perturbações exercidas por estas pressões diretamente no corredor fluvial.

Tabela 2- Variáveis de pressão que caracterizam o Eixo de Qualidade da Água

Variáveis de Pressão (Ki)	Características da variável	Magnitude	Classe
K1 - Fontes Tópicas de Poluição na Área da Bacia (N.º Fontes Poluentes / km²)	Número de fontes poluentes provenientes de Indústrias, Agro-Pecuária, ETARs, Extracção de Inertes e Lixeiras presentes na área de drenagem de cada troço.	[0 - 0.157]]0.157– 0.315]] 0.315-0.785]] 0.785-1.10]] 1.10-1.875]	1 Muito Bom 2 Bom 3 Médio 4 Medíocre 5 Mau
K1a - Fontes Tópicas de Poluição Proximal (N.º Fontes Poluentes /km²)	Número de fontes poluentes presentes numa área próxima ao troço. O buffer definido é de 200m.	[0 - 0.965]]0.965– 1.515]] 1.515-3.256]	K1 x 1,0 K1 x 1,2 K1 x 1,4
K2 - Uso Agrícola de Culturas Irrigadas na Bacia (%)	Percentagem de ocupação agrícola por culturas irrigadas na área de drenagem de cada troço	[0; 5]] 5; 10]] 10; 20]] 20; 35]] 35; 65]	1 Muito Bom 2 Bom 3 Médio 4 Medíocre 5 Mau
K3 - Uso Agrícola de Culturas Não Irrigadas na Bacia (%)	Percentagem de ocupação agrícola por culturas não irrigadas na área de drenagem de cada troço.	[0; 20]] 20; 40]] 40; 60]] 60; 80]] 80; 100]	1 Muito Bom 2 Bom 3 Médio 4 Medíocre 5 Mau

O valor final do Eixo da Qualidade da Água para cada troço foi obtido através da seguinte expressão:

$$EQA = K1 \times K1a + K2 + K3$$

O valor final do EQA foi dividido em cinco classes e encontram-se definidas na tabela 3 que se segue.

Tabela 3- Classificação do Eixo da Qualidade da Água

INTERVALO DE CLASSES	CLASSIFICAÇÃO	
[0-3]	1	Muito Bom
]3-5]	2	Bom
]5-7]	3	Médio
]7-9]	4	Medíocre
]9-17]	5	Mau

ii) EIXO DAS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS

O Eixo das Alterações Morfológicas (EAM) diz respeito às alterações ao perfil longitudinal, perfil transversal e traçado do corredor fluvial. Estas alterações são provocadas pela ocupação humana na área em estudo, nomeadamente a Área Impermeável Proximal, Vias de Comunicação e Atravessamentos.

Área Impermeável Proximal (K4): Estas áreas resultam da impermeabilização do solo durante o processo de urbanização e podem provocar o transporte de poluentes e sedimentos pelo escoamento superficial para as massas de água existentes nas proximidades, contribuindo para a sua degradação.

Foram consideradas Áreas Impermeáveis sobre o corredor fluvial, num *buffer* de 200 m, o Tecido Urbano Descontínuo, Indústria, Comércio e Equipamentos Gerais, Redes Viárias, e Área de extracção de inertes existentes. Esta informação foi retirada do *CORINE LAND COVER 2006* (Bossard *et al.*, 2000).

Vias de comunicação (K5): Esta variável representa a poluição oriunda dos veículos motorizados e seus consumíveis e também alterações no perfil transversal dos troços do corredor fluvial.

Para avaliar esta pressão foi utilizada informação referente às rodovias e ferrovias existentes na bacia de drenagem de cada troço retiradas do site <http://www.openstreetmap.org/>. Para as Vias de Comunicação serem consideradas uma superfície de pressão foi atribuída uma largura média de 40 metros às Auto-estradas e 15 metros às Estradas Nacionais.

Atravessamentos (K6): Esta variável representa as alterações morfológicas que os açudes, pontes e outros obstáculos provocam no leito do rio e consequentemente as alterações na continuidade do sistema fluvial. Para além disso, está associada às alterações do caudal natural mudando o perfil de secas e cheias no rio.

A localização dos atravessamentos em cada troço fluvial foi obtida através da intersecção dos cursos de água com as vias de comunicação em ambiente ArcGIS.

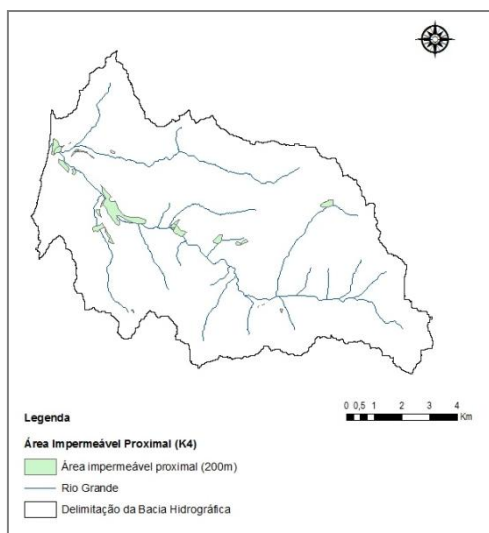


Figura 9 – Área Impermeável Proximal (K4)

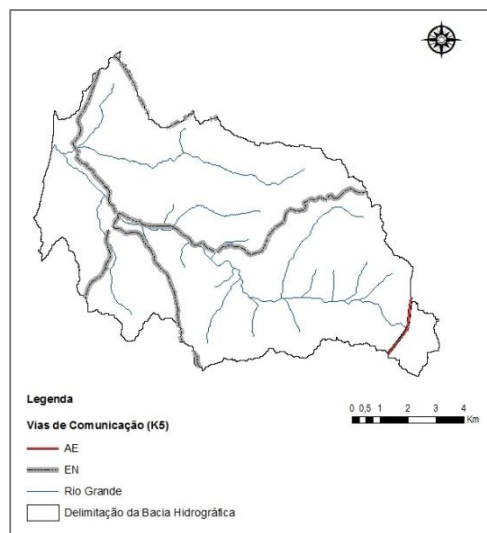


Figura 10 – Vias de Comunicação (K5)

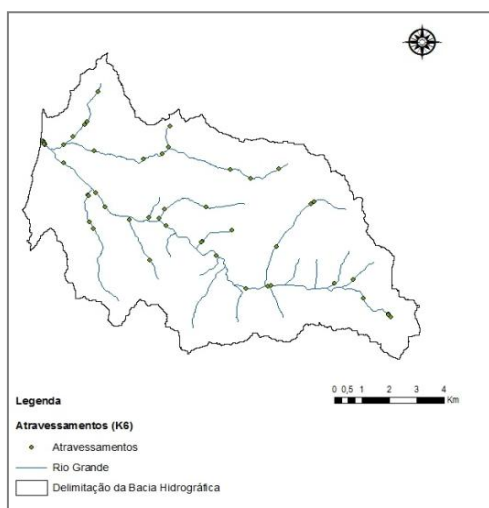


Figura 11 – Atravessamentos (K6)

A classificação do EAM é efetuada com base nas variáveis acima definidas e de acordo com a informação da tabela 4.

Tabela 4. Variáveis de pressão que caracterizam o Eixo de Alterações Morfológicas

Variáveis de Pressão (Ki)	Características da variável	Magnitude	Classe
K4 - Área Impermeável Proximal (%)	Percentagem de ocupação do solo por zonas impermeáveis sobre o corredor fluvial. O buffer definido é de 200m	[0-5[[5-10[[10-20[[20-40[[40-60]	1 Muito Bom 2 Bom 3 Médio 4 Medíocre 5 Mau
K5 – Vias de comunicação (%)	Percentagem de ocupação por vias de comunicação (rodovias e ferrovias) na área de drenagem de cada troço.	[0-0.628[[0.628-1.256[[1.256-1.884[[1.884-2.512[[2.512-3.14]	1 Muito Bom 2 Bom 3 Médio 4 Medíocre 5 Mau
K6 - Atravessamentos no Troço (N.º de Atravessamentos /km)	Número de atravessamentos existentes por km de troço fluvial	[0 -0.5[[0.5 -1[[1 -1.5[[1.5 -4[[4 -14]	1 Muito Bom 2 Bom 3 Médio 4 Medíocre 5 Mau

O valor final do EMA para cada troço foi obtido através da seguinte expressão:

$$EMA = K4 + K5 + K6$$

O valor final do EMA foi dividido em cinco classes e encontram-se definidas na tabela 5 que se segue.

Tabela 5. Classificação do Eixo de Alterações Morfológicas

INTERVALO DE CLASSES	CLASSIFICAÇÃO	
[0-2]	1	Muito Bom
]2-4]	2	Bom
]4-6]	3	Médio
]6-9]	4	Medíocre
]9-11]	5	Mau

iii) EIXO DAS ALTERAÇÕES DA QUANTIDADE DE ÁGUA

O Eixo de Alterações da Quantidade de Água (EAQA) visa avaliar as alterações na quantidade do uso de água e na variação temporal do regime de caudais.

No presente trabalho, devido a lacunas de informação, este eixo será avaliado apenas pela alteração que poderá existir na disponibilidade hídrica devido à existência de Captações de Água sobre o corredor fluvial.

Captações de Água (K7): A exploração de captações subterrâneas tem influência direta na disponibilidade hídrica do corredor fluvial e consequentemente provocará alterações nos habitats aquáticos. Desta forma, para avaliação dos impactes associados a esta variável, foi determinado o número de captações de água subterrâneas existentes num *buffer* de 200 m sobre o corredor fluvial (figura 12). Esta informação tem como fonte a ARH.

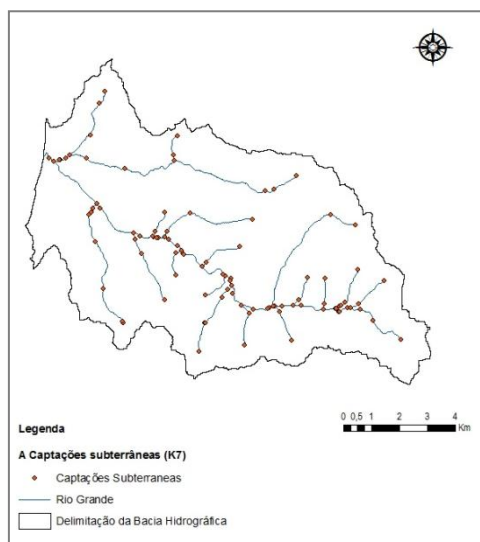


Figura 12 – Captações subterrâneas (K7)

A classificação do EAQA é efetuada com base na variável acima definida e de acordo com a informação da tabela 6.

Tabela 6. Variável de pressão que caracteriza o Eixo de Alterações da Quantidade de Água.

Variável de Pressão (Ki)	Características da variável	Magnitude	Classe
K7 - Captações de água proximais (n.º captações /km2)	Número de captações de água subterrâneas e superficiais existentes sobre o corredor fluvial. O buffer definido é de 200m.	[0-1] [1-2] [2-4] [4-6] [6-10]	1 Muito Bom 2 Bom 3 Médio 4 Mediocre 5 Mau

O valor final do EAQA para cada troço foi obtido através da seguinte expressão:

$$EAQA = K7$$

O valor final do EAQA foi dividido em cinco classes e encontram-se definidas na tabela 7 que se segue.

Tabela 7. Classificação do Eixo de Alterações Quantidade da Água

INTERVALO DE CLASSES	CLASSIFICAÇÃO	
[0-1]	1	Muito Bom
]1-2]	2	Bom
]2-4]	3	Médio
]4-6]	4	Medíocre
]6-10]	5	Mau

iv) EIXO DAS ALTERAÇÕES DA GALERIA RIBEIRINHA

O Eixo das Alterações da Galeria Ribeirinha (EAGR) pretende demonstrar o grau de degradação da galeria ribeirinha do corredor fluvial, que tem funções específicas e importantes nos sistemas fluviais e que fica comprometida pela invasão de espécies exóticas.

Perda de Galeria Ribeirinha (K8): A vegetação ribeirinha é um elemento essencial nos ecossistemas mediterrânicos, para além dos valores paisagísticos e económicos, proporciona uma panóplia de funções ecológicas importantes para o funcionamento dos sistemas fluviais. Entre outras funções a galeria ribeirinha actua como filtro biológico, absorvendo os nutrientes provenientes de excessos de adubações e ajuda na retenção de micro-poluentes; a vegetação ajuda a reduzir a velocidade do vento, diminuindo, assim, a erosão das margens, e as raízes das árvores e arbustos retêm o solo que de outra forma é facilmente arrastado pela água e pelo vento.

Para a avaliação desta variável foi criado um ficheiro Kml (*GoogleEarth*), onde foi desenvolvido um *layer* de pontos, medidos ao longo da linha d'água, com distância linear de 200 em 200 metros, e em cada ponto, foi medida a largura da galeria ribeirinha nas duas margens. Foram contabilizados 331 pontos.

Para quantificar esta variável considerou-se os seguintes elementos:

- Comprimentos dos diferentes troços homogéneos;
- Largura máxima ocupada por Galeria Ribeirinha em cada troço, sendo esta o valor máximo encontrado em cada troço;
- Largura média ocupada por Galeria Ribeirinha em cada troço, sendo esta a média das largura medidas nos diversos pontos de cada troço.

A perda de Galeria Ribeirinha obteve-se através da seguinte expressão:

Perda de Galeria Ribeirinha de cada troço = *Área Potencial de Galeria Ribeirinha* - *Área Efectiva de Galeria Ribeirinha*

Sendo *Área Potencial de Galeria Ribeirinha* obtida através da expressão [2 x Largura máxima do troço x comprimento do troço] e a *Área Efectiva de Galeria Ribeirinha* obtida através da expressão [2 x Largura média do troço x comprimento do troço] .



Figura 13. Imagem *GoogleEarth*- visualização dos pontos utilizados na medição de Galeria Ribeirinha e espécies invasoras

Quantidade de espécies invasoras (K9): As espécies exóticas invasoras podem ocupar o território de forma excessiva, em área ou número de indivíduos, provocando modificações significativas nos

ecossistemas e usando os recursos necessários à sobrevivência das espécies locais. Estas reduzem a biodiversidade, afetam o equilíbrio ecológico e as atividades económicas.

Para a avaliação desta variável foi criado um ficheiro Kml (*GoogleEarth*), onde foi desenvolvido um *layer* de pontos, medidos ao longo da linha d'água, com distância linear de 200 em 200 metros, e em cada ponto, foi medida a largura ocupada por espécies invasoras de ambas as margens. Foram contabilizados 331 pontos.

Para quantificar esta variável considerou-se os seguintes elementos:

- Comprimentos dos diferentes troços homogéneos **(1)**;
- Largura média ocupada por espécies invasoras em cada troço, sendo esta a média das largura medidas nos diversos pontos de cada troço **(2)**;
- Área efectiva ocupada por espécies invasoras **[(1) x (2)]**;
- Área Potencial de Galeria Ribeirinha.

Considerando que a galeria ribeirinha, num sistema fluvial “saudável” é constituída unicamente por vegetação característica e sem espécie invasoras, admitiu-se que a *Área Potencial de Galeria Ribeirinha*, calculada para a variável K8, assumiria toda a ocupação (100%) nas margens do corredor fluvial. A relação entre a *Área Potencial de Galeria Ribeirinha* e *Área Efectiva de Espécies Invasoras* permite-nos obter a variável K9- Quantidade de espécies invasoras.

A classificação do EAGR é efectuada com base na variável acima definida e de acordo com a informação da tabela 8.

Tabela 8. Variável de pressão que caracteriza o Eixo de Alterações da Galeria Ribeirinha

Variáveis de Pressão (Ki)	Características da variável	Magnitude	Classe
K 8- Perda da Galeria Ribeirinha	Percentagem da perda de Galeria Ribeirinha de cada troço, ou seja, obtém-se através da diferença entre a área máxima e a área média da Galeria Ribeirinha em cada troço.	[0 – 15]	1 Muito Bom
		]15 – 25]	2 Bom
		]25 – 35]	3 Médio
		]35 – 47]	4 Medíocre
		]47 – 100]	5 Mau
K 9- Quantidade de espécies invasoras	% da área ocupada por espécies exóticas invasoras, relativamente à área potencial de Galeria Ribeirinha, por cada troço	[0 – 5]	1 Muito Bom
		]5 – 15]	2 Bom
		]15 – 30]	3 Médio
		]30 – 50]	4 Medíocre
		]50 – 100]	5 Mau

O valor final do EAGR para cada troço foi obtido através da seguinte expressão:

$$EAGR = K8 + K9$$

O valor final do EAGR foi dividido em cinco classes e encontram-se definidas na tabela 9 que se segue.

Tabela 9. Classificação do Eixo de Alterações da Galeria Ribeirinha

INTERVALO DE CLASSES	CLASSIFICAÇÃO	
[0-2]	1	Muito Bom
]2-4]	2	Bom
]4-6]	3	Médio
]6-8]	4	Medíocre
]8-10]	5	Mau

3.4 – Pré-Classificação do Estado Ecológico

O valor da Pré-Classificação do Estado Ecológico para o corredor fluvial em análise foi obtido através da soma dos quatro eixos acima definidos, através da seguinte expressão:

$$PEE = EQA + EAM + EAQA + EAGR$$

Após a obtenção do valor final de PEE este foi dividido em cinco classes, com o objectivo de sintetizar os dados anteriormente trabalhados e atribuir uma classificação qualitativa do estado ecológico do corredor fluvial.

Tabela 10. Classificação da Pré-classificação do Estado Ecológico

INTERVALO DE CLASSES	CLASSIFICAÇÃO	
[0-3]	1	Muito Bom
]3-6]	2	Bom
]6-9]	3	Médio
]9-13]	4	Medíocre
]13-20]	5	Mau

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS TROÇOS FLUVIAIS

A intersecção das variáveis Geologia, Precipitação, Altitude e nº de ordem de Strahler, permitiu obter a segmentação do Rio Grande em troços com características homogêneas, tendo-se obtido 42 troços distintos conforme indicado na figura 14.

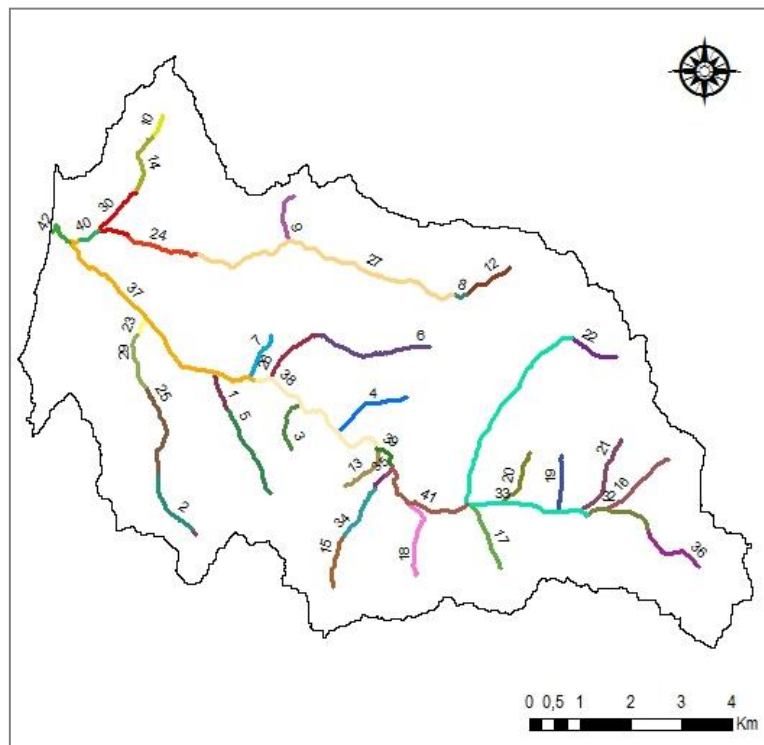


Figura14- Identificação dos troços fluviais da Bacia do Rio Grande.

Após a obtenção dos diferentes troços fluviais, através da ferramenta *watershed* disponível no software ArcGIS, alcançou-se as bacias de drenagem dos respectivos troços conforme representado na figura 15.

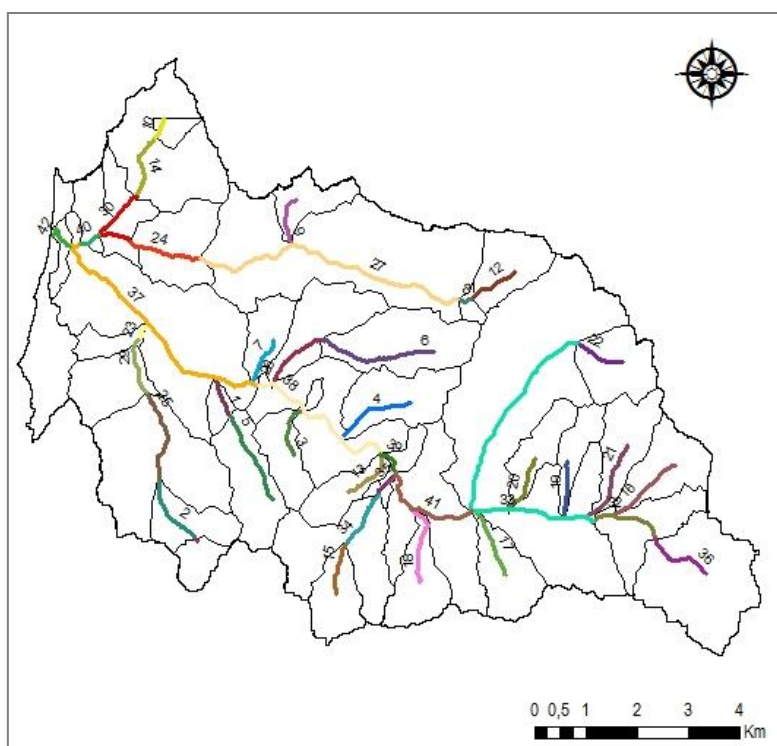


Figura15- Identificação das sub-bacias de drenagem dos troços fluviais.

Os troços obtidos foram agrupados em 9 categorias distintas consoante as variáveis (Nº Ordem / Altitude/Precipitação/Geologia) que os caracterizam. Estes troços variam entre 60m a 5500 m aproximadamente e as suas características encontram-se na tabela 11.

Tabela 11- Tipos de troços fluviais na rede hídrica da Bacia do Rio Grande

TIPOS DE TROÇOS FLUVIAIS (Nº Ordem / Altitude / Precipitação/Geologia)	NÚMERO DE TROÇOS FLUVIAIS POR TIPO
4 / 50 m / 600 mm / Aluvião	1
3 / 50 m / 600 mm / Aluvião	4
3 / 50 m / 700 mm / Calcário	1
2 / 50 m / 600 mm / Calcário	8
2 / 50 m / 700 mm / Calcário	5
2 / 50 m / 800 mm / Calcário	1
1 / 50 m / 600 mm / Calcário	12
1 / 50 m / 700 mm / Calcário	8
1 / 150 m / 600 mm / Calcário	2

Uma vez que a geologia e altitude do terreno da bacia de drenagem variam muito pouco, o resultado da diferenciação entre os troços reside principalmente no número de ordem e na precipitação nesta área.

No que respeita à Geologia, as formações dominantes são as formações do Jurássico Superior, sendo a área geologicamente caracterizada por litologias calcárias intercaladas com conglomerados e arenitos. Verifica-se ainda na zona central do rio uma área com características aluvionares.

Relativamente à altitude, verificou-se que apenas dois troços se encontram a uma altitude superior a 100 m.

Quanto ao nº de ordem de Strahler constatou-se que o nº de ordem máximo obtido corresponde ao nível 4 , e localiza-se antes foz do rio Grande.

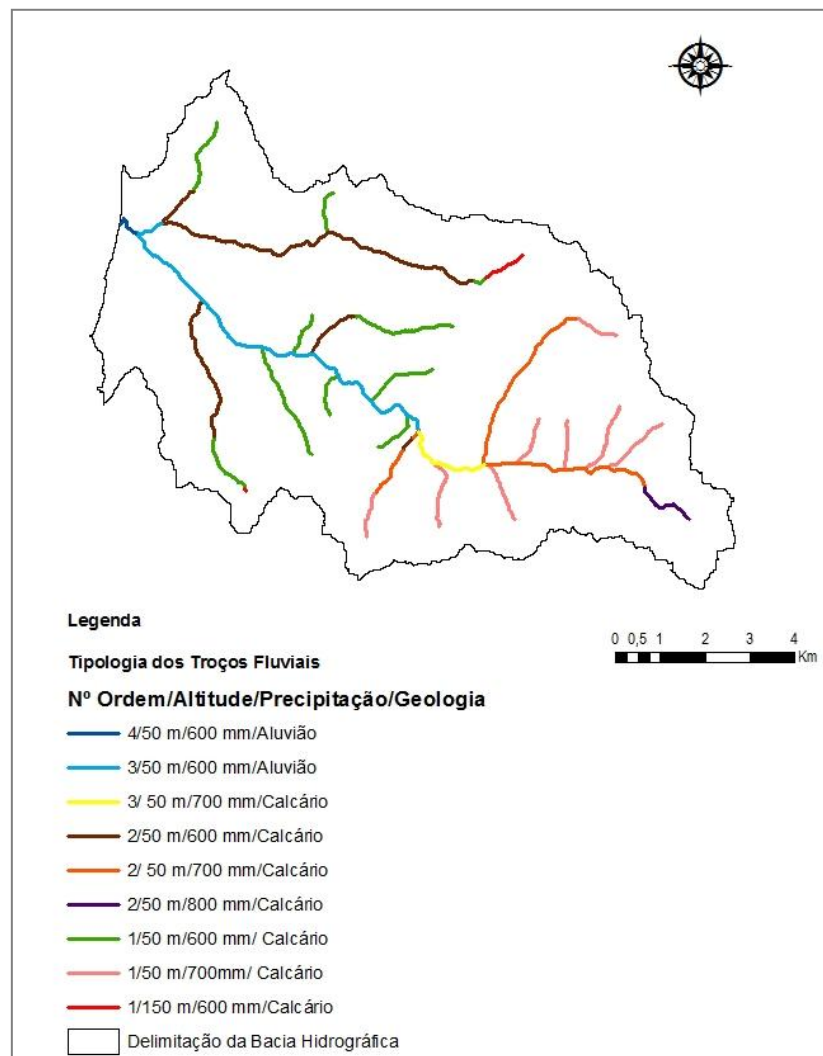


Figura 16 - Segmentação da rede fluvial da Bacia do Rio Grande em troços fluviais homogêneos

4.2 RESULTADO DA PRÉ CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO ECOLÓGICO

De acordo com a metodologia definida no ponto 3, para a determinação do Estado Ecológico do Rio Grande, foram estabelecidos níveis de magnitude de agressão e atribuídas as respectivas classificações que variam entre Muito Bom e Mau.

4.2.1 Eixo de Qualidade da Água

As variáveis de pressão utilizadas para determinar a qualidade da água dos troços fluviais foram as Fontes Tópicas de Poluição (K1), o Uso Agrícola de Culturas Irrigadas (K2) e o Uso Agrícola de Culturas Não Irrigadas (K3).

Relativamente às Fontes Tópicas de Poluição (K1) verificou-se que as actividades que mais contribuem para um aumento da degradação é a actividade pecuária, onde foram contabilizadas quinze explorações na área de drenagem da bacia hidrográfica. Seguidamente apresentam impacte significativo as descargas de águas residuais urbanas, onde foram contabilizados nove pontos de descarga.

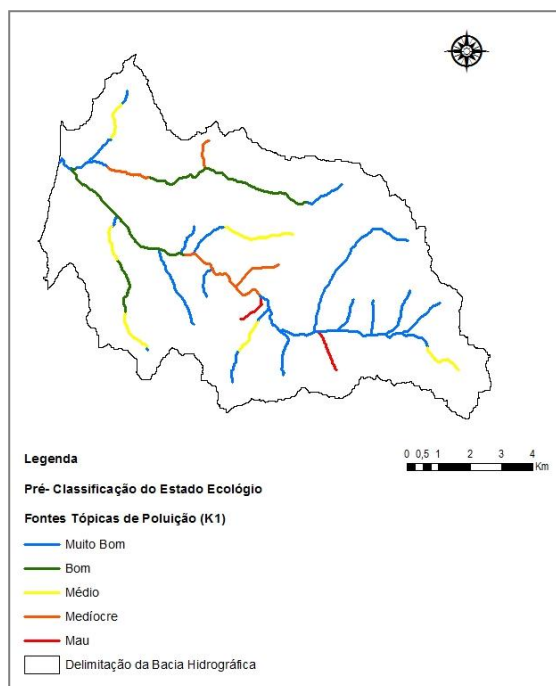


Figura 17 – PEE da variável K1

Da análise da figura 6 e 17 referente à variável K1, é possível constatar que os troços que apresentam classe 4 e 5 correspondem aos troços em que as fontes tópicas estão localizadas muito próximo do rio, e no caso das descargas de águas urbanas estão localizadas na linha de água.

No que respeita à variável K2-Uso Agrícola de Culturas Irrigadas, tendo em conta que existe uma área bastante pequena de área irrigada, esta não influencia significativamente a qualidade da água do rio e obteve-se um bom nível de magnitude.

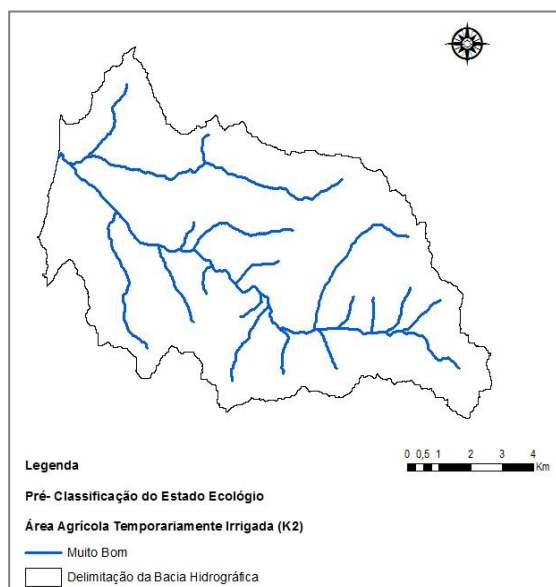


Figura 18 – PEE da variável K2

A variável K3 - Uso Agrícola de Culturas Não Irrigadas, representa as áreas destinadas ao cultivo de vinhas, pomares e principalmente a ocupação por Sistemas culturais e parcelares complexos. Considerando que a área da bacia é ocupada quase na totalidade por agricultura, é espectável que os troços apresentem valores altos de magnitude. Exceptua-se a cabeceira e a foz do rio porque não existe área agrícola nas sub-bacias dos respectivos troços (figura 19).

Da análise da figura 20, verifica-se que, no que respeita ao Eixo da Qualidade da Água, o Rio Grande apresenta um nível de agressão elevado, uma vez que a maioria dos troços varia entre Mediocre (4) e Mau (5). Analisando o resultado das variáveis de pressão, podemos afirmar que a variável Uso Agrícola de Culturas Não Irrigadas é determinante no resultado do eixo da qualidade da água, contribuindo para uma degradação do sistema fluvial.

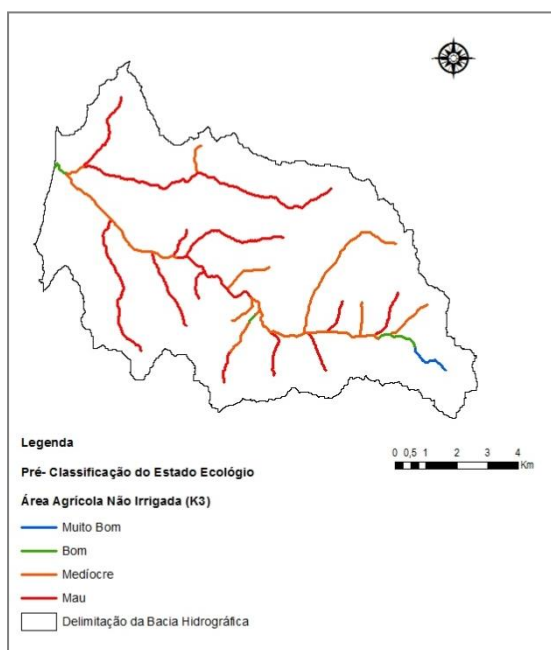


Figura 19 – PEE da variável K3

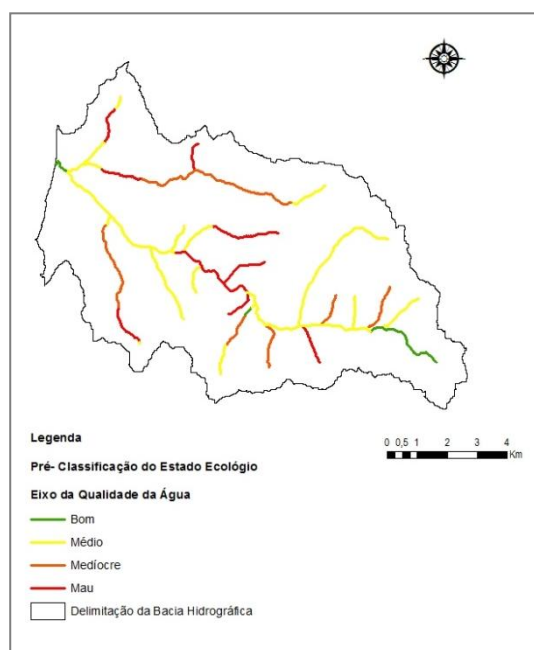


Figura 20 – PEE do Eixo da Qualidade da Água

4.2.2 Eixo de Alterações Morfológicas

As variáveis de pressão utilizadas para determinar as alterações morfológicas dos troços fluviais foram Área Impermeável Proximal (K4), Vias de Comunicação (K5) e Atravessamentos (K6).

A figura 21 representa a Área Impermeável Proximal (K4), e pode verificar-se que os troços mais atingidos correspondem aos que estão localizados junto às áreas ocupadas pelas localidades da Praia da Areia Branca, Seixal e Lourinhã. Esta ocupação corresponde igualmente à zona aluvionar da bacia hidrográfica.

No que respeita à variável K5- vias de comunicação, os troços com Classificação Média (3) e Mau (5) são as linhas de água que muito próximo das Estradas Nacionais, o que justifica essa classificação. É possível verificar ainda que a existência do troço com nível Mediocre (4) corresponde à pressão exercida pela Autoestrada A8.

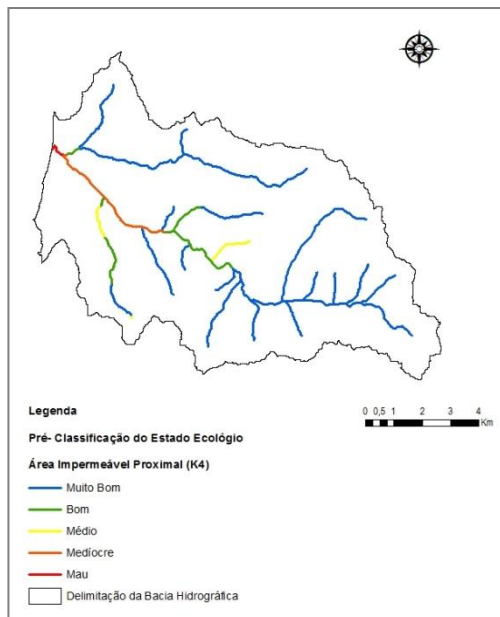


Figura 21 – PEE da variável K4

A figura 23, representa a magnitude exercida pelos atravessamentos, e podemos verificar que a pressão exercida por esta variável é maior junto à foz do rio.

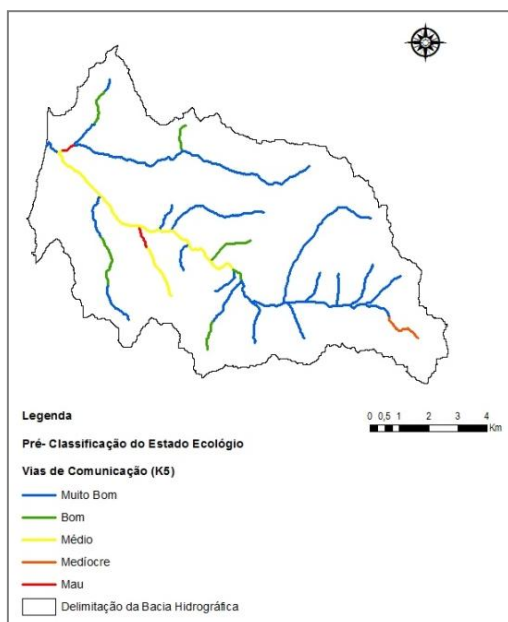


Figura 22 – PEE da variável K5

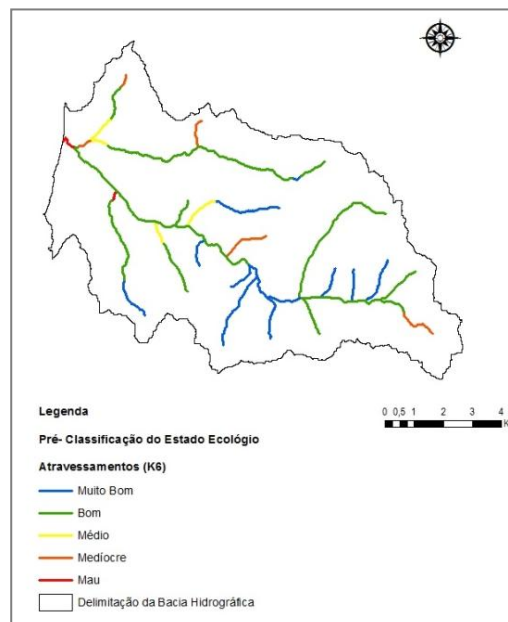


Figura 23 – PEE da variável K6

Da análise da figura 24, que representa as agressões provocados pelas alterações morfológicas, podemos verificar que as pressões deste eixo, provocam danos principalmente na zona central do rio que corresponde ao vale aluvionar da bacia hidrográfica.

Podemos afirmar ainda que os troços localizados a Sudeste (SE), no que respeita ao eixo das alterações morfológicas, estão mais preservados, exceptuando a cabeceira do rio devido à sua sobreposição com Auto-Estrada A8.

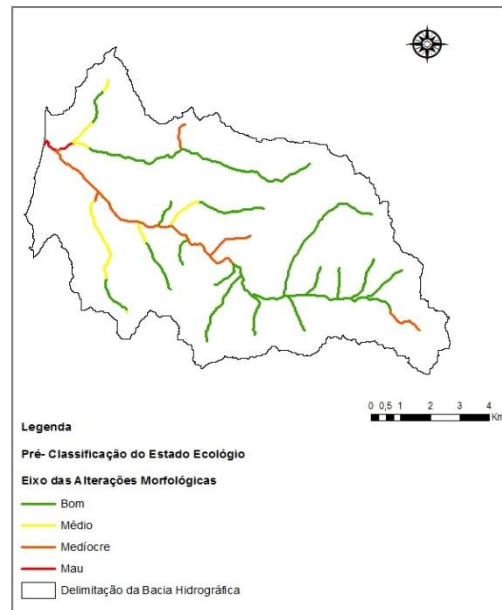


Figura 24 – PEE do Eixo das Alterações Morfológicas

4.2.3 Eixo de Alterações da Quantidade de Água

Para a determinação da alteração da quantidade de água nos troços fluviais foi utilizada uma única variável de pressão relativa às Captações de Água Proximais (K7), nomeadamente captações subterrâneas.

A figura 25, mostra que o nº de captações subterrâneas é variável ao longo do curso de água e que é na área central da bacia hidrográfica que se verifica um maior nº de captações subterrâneas.

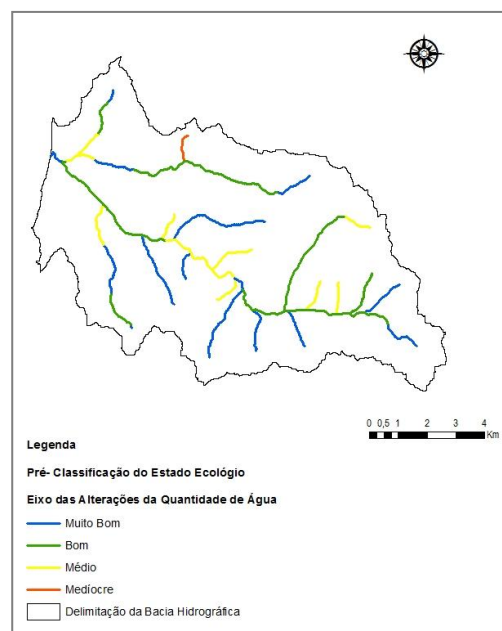


Figura 25 – PEE do Eixo das Alterações da Quantidade de Água

4.2.4 Eixo de Alterações da Galeria Ribeirinha

Para a determinação da alteração da Galeria Ribeirinha nos troços fluviais foi utilizada as variáveis Perda da Galeria Ribeirinha (K8) e Quantidade de espécies invasoras (K9).

A tabela 12 mostra os valores da largura média da Galeria Ribeirinha de cada troço, variando entre 0m , em vários troços e os 18m no troço 15. Contém, ainda, os resultados obtidos para a área potencial e de área efetiva de Galeria Ribeirinha. As percentagens de perdas calculadas por troço variaram entre 32% e 100%.

Tabela 12- Determinação da Perda de Galeria Ribeirinha

Troço	Comprimento do Troço (m)	Σ largura das margens de Galeria Ribeirinha (GR)	Largura Média (m)	Largura max. de GR (m)	Area potencial de GR (m²)	Área efectiva de GR (m²)	Area Perdida (m²)	% de Área Perdida	Obs.
1	857,115413	0	0	0	63153	0	63153	100%	1)
2	1559,237454	59	10	36	112265	30665	81600	73%	
3	1155,330086	20	3	10	23107	7702	15404	67%	
4	1669,238816	59	10	33	110170	32828	77341	70%	
5	1973,519505	104	9	16	63153	34208	28945	46%	
6	2566,726189	37	9	21	107802	47484	60318	56%	
7	1040,685425	0	0	0	0	0	0	100%	2)
8	365,536188	53	13	33	24125	9687	14439	60%	
9	1053,553391	0	8	16	33714	16857	16857	50%	3)
10	513,852112	44	11	20	20554	11305	9249	45%	
11	60,001361		0		112265	30665	81600	73%	4)
12	1028,702628	65	8	17	34976	16716	18259	52%	
13	1142,46212	11	6	11	25134	12567	12567	50%	3)
14	1351,097381	21	11	14	37831	28373	9458	25%	
15	1103,553391	36	18	36	79456	39728	39728	50%	
16	1647,792206	63	11	25	82390	34604	47786	58%	
17	1498,528137	67	5	7	20979	14343	6636	32%	
18	1702,817459	66	5	10	34056	16055	18001	53%	
19	1141,421356	0	10	19	43374	21687	21687	50%	3)
20	1221,751442	42	11	25	61088	25657	35431	58%	
21	1754,594155	40	4	20	70184	15596	54587	78%	3)
22	1055,330086	0	6	13	27439	12664	14775	54%	
23	426,591225	0	0	0	0	0	0	100%	5)
24	1609,115568	19	10	19	61146	30573	30573	50%	
25	1984,673272	0	0	0	0	0	0	100%	5)
26	1414,949494	26	13	26	73577	36789	36789	50%	
27	6038,690115	499	15	43	519327	177253	342074	66%	5)
28	359,172912	10	5	10	7183	3592	3592	50%	
29	1185,791779	0	0	0	0	0	0	100%	
30	1737,297124	0	0	0	0	0	0	100%	
31	35,355339	0	0	0	0	0	0	100%	
32	1559,593842	0	0	0	0	0	0	100%	
33	6884,493142	33	8	15	206535	113594	92941	45%	5)
34	1202,047198	65	7	10	24041	15627	8414	35%	
35	211,572095	0	0	0	0	0	0	100%	
36	1427,107094	161	16	30	85626	45953	39674	46%	
37	5419,802703	0	0	0	0	0	0	100%	
38	3365,314383	0	0	0	0	0	0	100%	
39	607,640452	0	0	0	0	0	0	100%	5)
40	451,578976	0	0	0	0	0	0	100%	
41	2244,92935	0	0	0	0	0	0	100%	
42	624,264069	0	0	0	0	0	0	100%	

Observação

- 1) Tendo em conta a extensão do troço e que nele não se verificou galeria ribeirinha admitiu-se para efeitos de cálculo a área de galeria ribeirinha do troço 5 uma vez que este é continuação do troço 5.
- 2) Não foi possível obter resultados para efeito de comparação.
- 3) Das medições de 200m em 200m não se obtiveram resultados, pelo que foi feita uma medição no próprio troço onde existia galeria ribeirinha e assim obter resultados.
- 4) Tendo em conta a extensão do troço e que nele não se verificou galeria ribeirinha admitiu-se para efeitos de cálculo a área de galeria ribeirinha do troço 2 uma vez que este é continuação do troço 2.
- 5) Não se verificou galeria ribeirinha no Troço para efeitos de comparação.

A figura 26 representa a perda de galeria ribeirinha do Rio Grande, e da sua análise é notório que existe uma grande perda de galeria ribeirinha. Esta situação pode ser justificada com o facto da área da bacia hidrográfica estar ocupada, quase na totalidade, por áreas intervencionadas e direcionadas para a agricultura, extinguindo assim com a galeria ribeirinha original do sistema fluvial.

Relativamente à variável K9- Quantidade de espécies invasoras (figura 27), verificou-se a existência de canas em todo o curso de água, sendo esta situação mais preocupante junto às áreas onde predominam as actividades agrícolas mais intensivas. Podemos verificar ainda que, de forma geral, a ocupação de espécies invasoras aumenta no sentido das cabeceiras para a foz do rio.

A tabela 13 mostra os valores de percentagem de ocupação de espécies invasoras - *Arundo donax* L.- nas margens dos corredores fluviais. Verificou-se que esta ocupação varia entre 0%, no troço 36, e 100% em vários troços do Rio Grande.

Ressalta-se para o facto dos resultados obtidos, no eixo das alterações da galeria ribeirinha, terem sido trabalhados principalmente sobre uma visualização do *GoogleEarth*, tendo-se verificado algumas situações de incerteza devido à fraca definição de imagem no momento das medições, pelo que os resultados apresentados podem apresentar algumas lacunas.

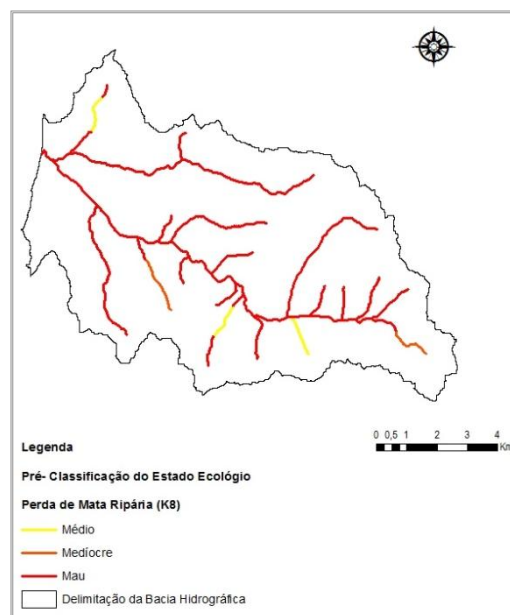


Figura 26 – PEE do da variável K8

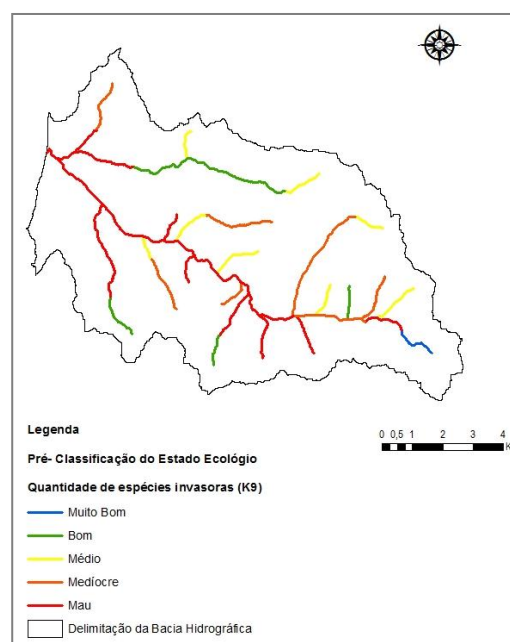


Figura 27 – PEE do da variável K9

Tabela 13- Caracterização da ocupação de espécies invasoras

Troço	Comprimento do Troço (m)	Σ largura das canas (m)	Largura Média (m)	largura max. de canas (m)	Área max. de canas (m ²)	Área efectiva de canas (m ²)	Area potencial de GR (m ²)	% de ocupação da canas
1	857,115413	67	6,70	12	20570,77	11485,35	63153	18%
2	1559,237454	69	3,83	8	24947,80	11954,15	112265	11%
3	1155,330086	79	5,64	7	16174,62	13038,73	23107	56%
4	1669,238816	139	6,32	10	33384,78	21093,11	110170	19%
5	1973,519505	142	7,89	11	43417,43	31137,75	63153	49%
6	2566,726189	164	7,45	15	77001,79	38267,55	107802	35%
7	1040,685425	31	3,10	5	10406,85	6452,25	0	100%
8	365,536188	28	7,00	9	6579,65	5117,51	24125	21%
9	1053,553391	38	3,80	6	12642,64	8007,01	33714	24%
10	513,852112	52	8,67	16	16443,27	8906,77	20554	43%
11	60,001361	3,83	3,83	8	960,02	460,01	112265	11%
12	1028,702628	28	3,50	5	10287,03	7200,92	34976	21%
13	1142,46212	38,5	3,85	7	15994,47	8796,96	25134	35%
14	1351,097381	76	5,43	11	29724,14	14669,06	37831	39%
15	1103,553391	52	4,33	6	13242,64	9564,13	79456	12%
16	1647,792206	67	6,70	10	32955,84	22080,42	82390	27%
17	1498,528137	58	4,14	6	17982,34	12416,38	20979	59%
18	1702,817459	30	7,50	10	34056,35	25542,26	34056	75%
19	1141,421356	29	2,90	5	11414,21	6620,24	43374	15%
20	1221,751442	64	5,33	7	17104,52	13032,02	61088	21%
21	1754,594155	96	6,86	10	35091,88	24063,01	70184	34%
22	1055,330086	41	3,42	7	14774,62	7211,42	27439	26%
23	426,591225	19,5	4,88	7	5972,28	4159,26	0	100%
24	1609,115568	106	10,60	11	35400,54	34113,25	61146	56%
25	1984,673272	135	9,64	10	39693,47	38275,84	0	100%
26	1414,949494	107	6,69	12	33958,79	18924,95	73577	26%
27	6038,690115	260	5,42	12	144928,56	65419,14	519327	13%
28	359,172912	12	6,00	6	4310,07	4310,07	7183	60%
29	1185,791779	106	8,83	12	28459,00	20948,99	0	100%
30	1737,297124	129,5	7,19	13	45169,73	24997,78	0	100%
31	35,355339	0	0,00	0	0,00	0,00	0	100%
32	1559,593842	74	5,29	7	21834,31	16487,13	0	100%
33	6884,493142	159	6,12	10	137689,86	84202,65	206535	41%
34	1202,047198	68	8,50	12	28849,13	20434,80	24041	85%
35	211,572095	15	7,50	10	4231,44	3173,58	0	100%
36	1427,107094	0	0,00	0	0,00	0,00	85626	0%
37	5419,802703	437	8,09	15	162594,08	87720,51	0	100%
38	3365,314383	331	10,34	17	114420,69	69619,94	0	100%
39	607,640452	82	2,56	17	20659,78	3114,16	0	100%
40	451,578976	39,5	9,88	13	11741,05	8918,68	0	100%
41	2244,92935	217,5	10,88	18	80817,46	48827,21	0	100%
42	624,264069	9,5	4,75	9,5	11861,02	5930,51	0	100%

A figura 28, reflecte o estado de conservação da galeria ribeirinha, traduzindo um nível de degradação elevado. É possível verificar que mais de cinquenta por cento do rio está classificado com 5 - Mau. Este resulta era espectável visto que as variáveis que definem este eixo apresentam resultados igualmente preocupantes.

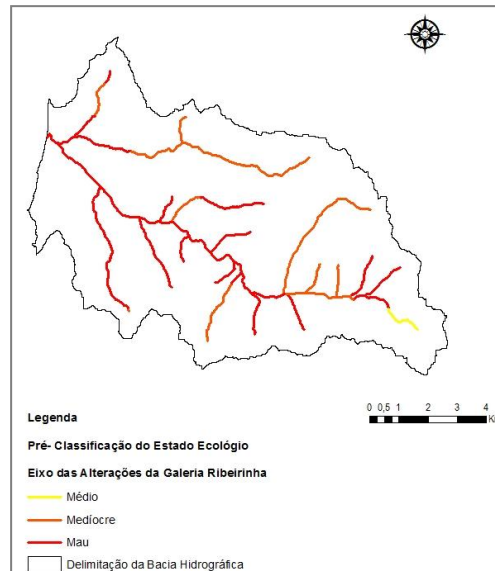


Figura 28 – PEE do Eixo das Alterações da Galeria Ribeirinha

4.2.5 Pré-Classificação do Estado Ecológico

A figura 29 ilustra a Pré-classificação do Estado Ecológico para a bacia do Rio Grande onde se pretende traduzir o grau de degradação dos troços fluviais devido à existência de actividades humanas que afectam o sistema fluvial.

Através da análise da figura 29 é possível diferenciar apenas dois estados de conservação no Rio Grande, sendo o nível Medíocre (4), o melhor estado de conservação obtido. Este resultado é fruto das variáveis que compõem o Eixo das alterações da Galeria Ribeirinha e do Eixo da Qualidade da Água, mais concretamente das agressões provocadas pelas variáveis K8 – Perda de Galeria Ribeirinha, K9- Quantidade de Espécies Invasoras e K3 - Uso Agrícola de Culturas Não Irrigadas.

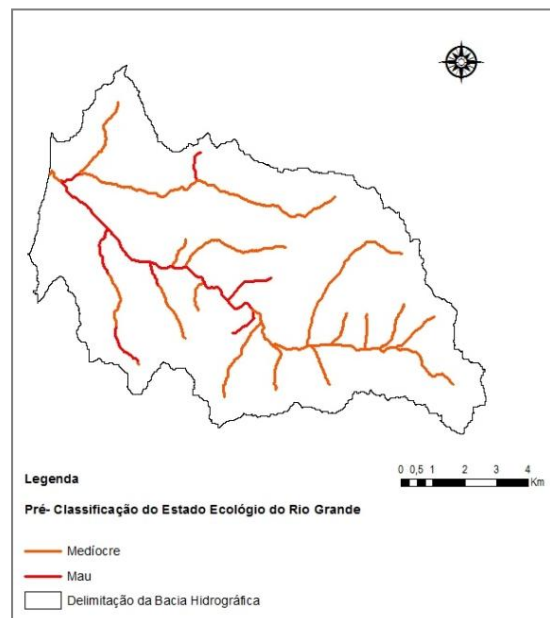


Figura 29 – Pré- Classificação do Estado Ecológico do Rio Grande

Podemos verificar ainda que os troços da zona central da bacia são os mais afectados, apresentando o pior nível de conservação (Classe 5- Mau). Este resultado deve-se ao facto de ser nesta área que se verifica um maior número de pressões, nomeadamente, uma maior área impermeável devido às localidades existentes e vias de comunicação, e existência de actividades industriais que originam uma grande produção de águas residuais.

Relacionando o resultado da PEE, com as áreas ecologicamente semelhantes, podemos verificar que a maioria dos troços com características de nº de ordem 3/altitude 50 m / precipitação 600mm/ aluvião, correspondem aos troços de pior estado de conservação. Esta conjuntura permite afirmar, que sendo os solos aluviões especialmente férteis, devido à presença de minerais e facilmente mutáveis devido à sua fraca consolidação, são estas as zonas mais sensíveis do ponto de vista ecológico, tendo em conta as características em termos de paisagem e agricultura, ambiente e economia local.

Com base na Pré-classificação do Estado Ecológico para a bacia do rio Grande, os troços mais degradados, ou seja, os que obtiveram uma classificação do estado ecológico de Mediocre e Mau, serão alvo de um planeamento de restauro fluvial com medidas e acções de restauro específicas em função das pressões identificadas.

5. PLANEAMENTO DE RESTAURO FLUVIAL DA BACIA DO RIO GRANDE

Após a aplicação da metodologia da Pré-classificação do Estado Ecológico e identificação dos troços mais degradados da rede fluvial do Rio Grande, propõe-se algumas medidas e acções de restauro que permitam minimizar as pressões exercidas pelas actividades antropogénicas e promover a conservação do sistema fluvial em estudo. Estas propostas visam principalmente reduzir o problema da qualidade da água e promover a recuperação da planície de inundação com uma vegetação adequada à zona ribeirinha fluvial.

A tipologia de acções de restauro adoptada neste trabalho foi baseada nas metodologias desenvolvidas para aplicação à Ribeira de Odelouca (Fernandes *et al.*, 2007) e à Região do Algarve (Barroso *et al.*, 2011) e ao Rio Alcoa (Freitas, 2012).

5.1 PROPOSTA DE MEDIDAS E ACÇÕES DE RESTAURO

Na tabela nº 14 apresentam-se a síntese das acções de restauro para a bacia do rio Grande

Tabela 14. Síntese das medidas e acções de restauro para a bacia do rio Grande

Causas da Degradação do Sistema Fluvial	Variáveis de Pressão	Troços/Bacias de drenagem afectados	Medidas de Controlo	Acções de Restauro
Fontes Pontuais de Poluição	K1	4,9,13, 17,24,38	I- Controlo da poluição fontes tóxicas de poluição de origem agro-pecuária	1 - Gestão de efluentes da agro-pecuária 2 - Intervenções estruturais nas explorações agro-pecuárias
Práticas Agrícolas Inadequadas	K2; K3	Todos, excepto, os troços, 27,31 36,42	II- Estabelecimento de medidas e programas para a prevenção e controlo de fontes difusas de poluição de origem agrícola	3- Controlo de Eutrofização de massas de água 4 - Plano de gestão de fertilizantes agrícolas 5 - Criação de zonas com vegetação tampão na paisagem agrícola
Impermeabilizações e Alteração dos Caudais de Cheia	K4; K5;k6	1,9,4,10, 36,37, 40, 42	III - Estruturas de retardamento e infiltração do escoamento pluvial em meio urbano	6 – Sistemas de filtração e infiltração 7 – Pavimentos permeáveis
Degradação da Galeria Ribeirinha Existência de Espécies Invasoras	K3 K8,K9	Todos os troços	IV – Reconstituição de galerias ribeirinhas e controlo de espécies exóticas	8- Estabelecimento do espaço ribeirinho e diminuição do declive lateral do canal 9 – Reflorestação do espaço ribeirinho 10 – Controlo de espécies exóticas invasoras

Segue-se uma descrição pormenorizada das medidas de restauro seleccionadas, que traçam um conjunto de acções passíveis de se implementar, com o objectivo estratégico de minimizar as causas de degradação e potenciar a conservação do sistema fluvial.

MEDIDA I: Controlo de fontes tóxicas de poluição de origem agro-pecuária

ACÇÃO 1: Gestão de efluentes da agro-pecuária

Esta acção pretende minimizar o risco de ocorrência de contaminação dos cursos de água com resíduos orgânicos devido a descargas directas, derrames ou escoamentos originados pelo subdimensionamento ou deficiente construção das estruturas de armazenamento e tratamento de efluentes pecuários. As estruturas e os equipamentos que integram os sistemas de armazenamento e tratamento dos efluentes da pecuária devem ser equacionados em função das características dos resíduos produzidos. (citado por Freitas,2012)

De acordo com o Manual Básico de Práticas Agrícolas – Conservação do solo e água, publicado pelo Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (2005), no caso dos excrementos dos animais serem utilizados como fertilizantes ou correctores de solo, o armazenamento deverá ter em conta os seguintes normas:

- As fossas e tanques de recolha e de armazenamento dos chorumes devem ter paredes e pavimentos impermeabilizados, para impedir a sua infiltração no solo;
- A capacidade das estruturas de armazenamento dos efluentes de pecuária deve ter em conta a sua produção total diária e, no mínimo, ser suficiente para armazenar o que é produzido durante o período de tempo em que não é recomendável a sua aplicação ao solo;
- As pilhas dos estrumes devem distanciar-se, pelo menos, 10 m de cursos de água ou de drenos, ou 50 m de fontes, furos ou poços cujas águas sejam para consumo humano ou para abeberamento do gado.
- Por questões de segurança e de gestão, a capacidade de cada tanque ou fossa de armazenamento não deve exceder 5000 m³
- Os estrumes e outros correctivos orgânicos sólidos devem ser armazenados em recintos próprios, protegidos da água da chuva, com pavimento impermeável, em pilhas cuja altura não

deve ultrapassar 2 metros para facilitar o seu manuseamento.

De acordo com Gonçalves (2005), o tratamento dos estrumes e chorumes tem como principais objectivos a redução dos maus cheiros e do volume dos resíduos bem como a eliminação dos patogénicos e sementes e propágulos de infestantes, desejando-se também, que inclua uma suficiente estabilização da matéria orgânica, que permita a produção de um composto maturado. Pode ser realizado por via física, química e biológica.

Os principais tratamentos recomendados para este tipo de resíduos são a compostagem e a digestão anaeróbia.

A técnica da compostagem consiste na decomposição controlada, por via aeróbia, dos resíduos orgânicos. Consiste no empilhamento dos resíduos orgânicos de forma a permitir a conservação do calor no interior da massa dos resíduos e assim facultar a acção dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica e criar condições para a inactivação dos microrganismos patogénicos e parasitas, que são sensíveis às elevadas temperaturas.

A digestão anaeróbia, constitui um método biológico de tratamento em que a decomposição dos resíduos orgânicos biodegradáveis é levada a efeito na ausência de oxigénio. Os produtos finais da digestão anaeróbia são o metano e o dióxido de carbono e um digerido com alguma estabilidade que, após um processo aeróbio de maturação, se pode classificar de composto.

Este tratamento pode ser levado a efeito em lagoas ou tanques anaeróbios e em reactores, utilizando tecnologias distintas, nos quais o elevado controlo do processo permite elevadas taxas de decomposição dos resíduos e maior eficiência na produção de biogás.

ACÇÃO 2: Intervenções estruturais nas explorações agropecuárias

Esta acção pretende evitar, na medida do possível, que as águas pluviais se incorporem nos excrementos ou efluentes pecuários e que contaminem os cursos de água através de escorrência superficial. São recomendadas intervenções estruturais nas explorações agropecuárias, através da redução das áreas ao ar livre das explorações e da construção de algerozes, caleiras e tubagens para drenagem ou outros sistemas para o escoamento das águas pluviais (Freitas, 2012).

MEDIDA II: Controlo de fontes difusas de poluição de origem agrícola

A poluição difusa na área em estudo tem como principal origem as escorrências de nutrientes e produtos agro-tóxicos provenientes da fertilização de campos agrícolas e controlo de pragas.

Com esta medida pretende-se diminuir as consequências da poluição difusa causada pelo uso do solo para fins agrícolas.

ACÇÃO 3: Controlo de eutrofização de massas de água

Uma vez que a água do Rio Grande é utilizada directamente na rega dos campos agrícolas que existem nas imediações do rio, a implementação desta acção pretende melhorar a qualidade da água no que respeita ao problema de eutrofização identificado nos corredores com maior volume de água.



Figura 30 - Captação de água para rega de campos agrícola (Troço 37)



Figura 31- Eutrofização da massa de água (Troço 37)

As medidas para o controlo da eutrofização, podem ser *Preventivas*, em que se pretende um controlo do uso da ocupação da bacia e vigilância de pontos de descargas clandestinas (Figura 32). Em alternativa, e em casos mais problemáticos, pode optar-se por medidas *Correctivas*, que passam pelo tratamento químicos à base de herbicidas e algicidas, dragagens dos sedimentos, arejamento artificial e remoção da camada vegetal.



Figura 32- Pontos de descargas (Troço 42)

ACÇÃO 4: Planeamento e gestão de fertilizantes agrícolas

Tendo como objectivo eliminar ou reduzir as práticas agrícolas inadequadas no que respeita à aplicação desmedida de fertilizantes, é proposta a elaboração e implementação de um plano de gestão de fertilizantes e agentes de combate a pragas adaptado às características reais dos locais das explorações agrícolas. Estes planos deverão indicar os seguintes elementos:

- Caracterização do tipo de solo e cultura;
- Determinação das quantidades de fertilizantes a aplicar;
- Definição da época mais adequada para aplicação dos nutrientes;
- Métodos mais apropriados para a aplicação de nutrientes;
- Controlo de armazenamento destes produtos.

Uma gestão eficaz de nutrientes resultará numa diminuição da quantidade de fertilizantes utilizados, que se traduzirá numa redução de custos para o produtor agrícola, permitindo uma produção de culturas mais eficiente enquanto se controlam as fontes de poluição difusas que provocam agressões ambientais, sobretudo em relação à qualidade da água (citado por Barroso, 2011).

ACÇÃO 5 – Criação de zonas com vegetação tampão na paisagem agrícola

Zonas-tampão podem ser definidas como áreas constituídas por vegetação ribeirinha que habitam as margens dos rios e servem como um filtro ecológico entre os campos agrícolas e os cursos de água. Diversos estudos em gestão de ecossistemas agrícolas têm apontado para os possíveis benefícios de zonas-tampão na melhoria da qualidade de rios em regiões com pequenas áreas agrícolas, além de aumentar a biodiversidade das paisagens rurais (Junior, T.s.d.).

Os efeitos positivos da vegetação tampão estão na dependência de vários factores externos como o volume de escoamento e as características do terreno (declive, tamanho, uso do solo). O tipo de vegetação, a sua composição, idade e largura também contribuem para o sucesso desta acção (Borin *et al.*, 2005). A vegetação tampão protege as águas superficiais de variadas formas: intercepta o escoamento superficial e fixa os sedimentos, capta nutrientes e promove a imobilização ou retardamento de pesticidas até estes passarem a formas menos tóxicas (Barroso, A, Garcia-Gonzalo, J., Aguiar, F, Ferreira M.T (s.d).).

A determinação da largura mais adequada é um processo complexo, que se pode processar de duas formas (Phillips *et al.*, 2000): (1) definir uma largura fixa que poderá variar consoante o grau de declive ou o tipo de linha de água; ou (2) estabelecer uma largura variável baseada em condições específicas de

cada local (composição, idade e estado da vegetação, geomorfologia do local, uso do solo adjacente, ou outras que as características locais recomendem). (Arizpe,D., Mendes, A. Rabaça, J. 2009).

Os vários estudos realizados a nível mundial sobre galerias ribeirinhas e as funções das respectivas zonas tampão permitem sintetizar alguns princípios gerais a considerar aquando da tomada de decisão sobre a largura destas faixas (Arizpe,D., Mendes, A. Rabaça, J. 2009):

a) Embora os objectivos sócio-económicos tornem impraticáveis zonas tampão excepcionalmente amplas, geralmente quanto mais largas estas forem melhores serão as condições para a manutenção da biodiversidade no sentido lato.

b) Para atingir níveis semelhantes de protecção, quanto mais intensiva for a actividade económica adjacente à zona tampão maior terá de ser a largura desta.

c) Todos os ambientes aquáticos necessitam de zonas ribeirinhas tampão, quer estejam situados em planícies aluviais, quer estejam situados em zonas de cabeceira declivosas

d) As cabeceiras das linhas de água são essenciais para a manutenção da qualidade da água e para o controlo das cheias, estando no entanto entre as áreas mais vulneráveis a alterações.

A título de exemplo, Palone e Todd (1998) e Phillips *et al.* (2000) referem que na América do Norte, a largura mínima da zona tampão habitualmente recomendada varia entre os 10-15 e os 30-35 metros (em cada margem), consoante os locais e os objectivos pretendidos

MEDIDA III: Estruturas de retardamento e infiltração do escoamento pluvial em meio urbano

Durante o processo de urbanização, a permeabilidade do solo é substituída por áreas impermeáveis, devido aos arruamentos e pavimentação, que retém a água, reduzem a infiltração do solo e consequentemente o aumento do volume de água escoado superficialmente. Desta forma o aumento das áreas impermeabilizadas pode provocar o transporte de poluentes e sedimentos pelo escoamento superficial.

Esta medida propõe a implementação de sistemas de infiltração e filtração como uma opção na gestão das águas pluviais urbanas. Este tipo de sistemas reduz as vazões e os volumes que chegam aos corpos receptores, reduz a ocorrência de inundações, possibilita a recarga da água subterrânea e apresenta um potencial de redução da carga poluente das águas pluviais. (Freitas, 2012).

Sistemas de infiltração, são estruturas de gestão que reduzem o fluxo e o volume de escoamento urbano, e minimizam a descarga de poluentes para as águas superficiais. Existe uma vasta possibilidade de configurações para sistemas de infiltração, contudo eles são desenhados como filtradores através de materiais como a gravilha em trincheiras e bacias pouco profundas. Os poluentes são primeiramente aprisionados através da filtração mecânica e físico-química, embora processos químicos e biológicos como adsorção e a captação microbiana também contribuam na remoção de poluentes (Barroso, 2011).

a) Poço de infiltração de águas pluviais

Os poços de são infra-estruturas que permitem a infiltração directa das águas pluviais no solo. Apresentam a vantagem de poderem ser aplicados em locais onde a camada superficial do solo é pouco permeável (zonas urbanizadas, terrenos superficialmente impermeáveis) mas que dispõem de boa capacidade de infiltração na camada mais profunda do solo.

O poço de infiltração, ilustrado na figura 33 é revestido externamente com manta geotêxtil que serve como filtro para a água que será infiltrada no solo.

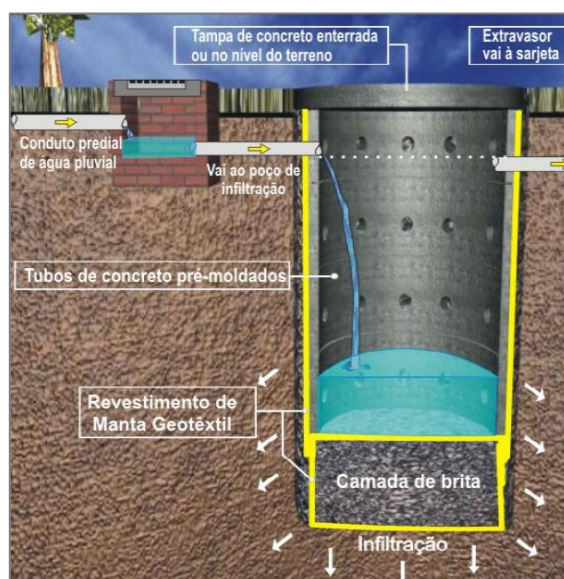


Figura 33 – Poço de infiltração de águas pluviais

b) Trincheiras de infiltração

As trincheiras de infiltração de águas pluviais são dispositivos pouco profundos (profundidade em geral não superior a um metro), de desenvolvimento longitudinal, e que se destinam a drenar as águas pluviais recolhidas perpendicularmente ao seu desenvolvimento, através de infiltração ou de retenção e

transporte até um ponto de destino final (nomeadamente meio receptor, poço de infiltração e colector) (Anónimo (s/d)).

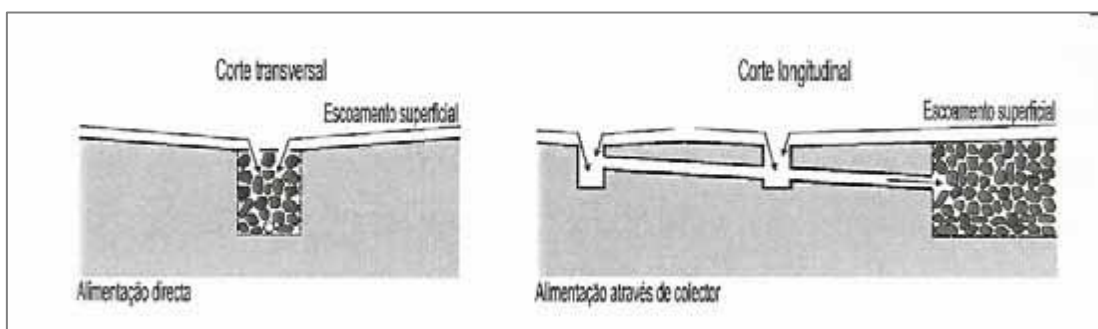


Figura 34 - Tipos de alimentação de trincheira de infiltração (Azzout et al. 1994)

A saída da água pode efectuar-se por dois meios: i) de forma distribuída, através de infiltração directa no solo, constituindo uma trincheira dita de infiltração; ii) de forma localizada, através de dreno de saída para uma câmara de visita munida a jusante de dispositivo de regulação do caudal, constituindo uma trincheira dita de retenção. Na Figura 35 exemplificam-se estes dois tipos. As duas soluções podem também coexistir (Anónimo (s/d)).

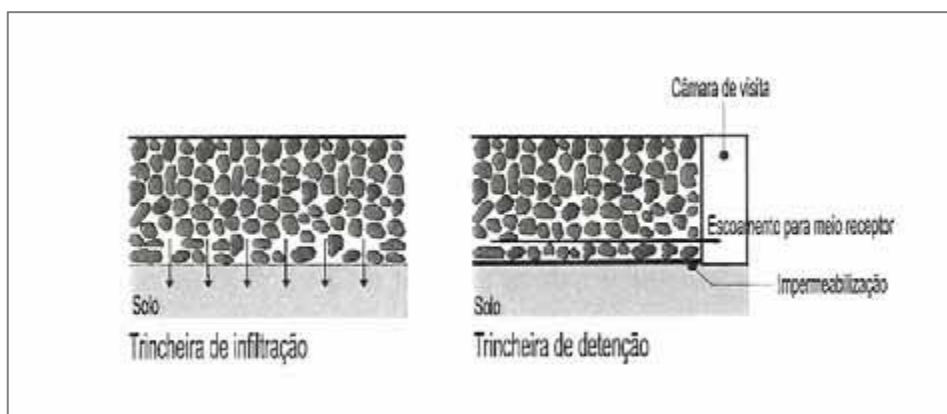


Figura 35 - Exemplos de trincheira de infiltração e de trincheira de retenção (Azzout et al. 1994)

No caso de uma trincheira de infiltração deverá ser colocado uma manta geotêxtil na base do seu núcleo drenante para evitar a migração de materiais finos para o seu interior.

c) Bacias de Retenção

As bacias de retenção, são bacias destinadas a regularizar os caudais pluviais afluentes, restituindo, a jusante, caudais compatíveis com a capacidade de transporte da rede de drenagem ou curso de água. Promovem a redução do risco de inundações; criação de reservas de água que podem ser utilizadas na agricultura, combate a incêndios, indústria, limpezas municipais - arruamentos e parques, e protecção do meio ambiente no que respeita redução de sólidos suspensos totais e matéria orgânica existente na água (Anónimo (s/d)).



Figura 36- Exemplo de Bacia de retenção

As bacias com longos tempos de retenção (da ordem das semanas ou meses) são, em regra, bastante eficientes em termos de tratamento. Uma fracção significativa dos metais pesados e do fósforo fica “imobilizada” nos sedimentos do fundo das bacias. A concentração de azoto reduz-se por acção de processos de nitrificação-desnitrificação. Quando as bacias têm dimensões adequadas, a eficiência de remoção de sólidos suspensos e chumbo pode ascender a 90%, enquanto a eficiência de remoção de fósforo pode ascender a 65% e a eficiência de remoção da CBO (carência bioquímica de oxigénio), CQO (carência química de oxigénio), azoto total, cobre e zinco poderá ascender a 50%. (Anónimo (s/d)).

ACÇÃO 7 – Pavimentos permeáveis

A utilização de pavimentos permeáveis em áreas urbanas, permite passagem de água e ar através de seu material reduzindo escoamento superficial e aumentando a recarga das águas subterrâneas. Para evitar o transporte de poluentes, são utilizadas mantas geotêxtis entre a base do pavimento e a camada de material granular.

a) Pavimentos “com estrutura reservatório”

Um pavimento “com estrutura reservatório”, é parte de uma infraestrutura destinada a permitir a circulação de pessoas e veículos, que se distingue de um pavimento tradicional por dispor de uma camada de base com um elevado número de vazios, aos quais a água pluvial pode aceder, permitindo reduzir os caudais de ponta e/ou os volumes de escoamento pluvial.

O funcionamento de um pavimento reservatório baseia-se na capacidade de armazenamento temporário da água na camada de base do pavimento, frequentemente da ordem dos 40 a 50 cm, o que possibilita a restituição, a jusante, de caudais mais reduzidos, tendo como destino final um meio receptor superficial (através de colector ou dreno) ou o solo de fundação do pavimento (através de infiltração pela sub-base) (Anónimo (s/d)).

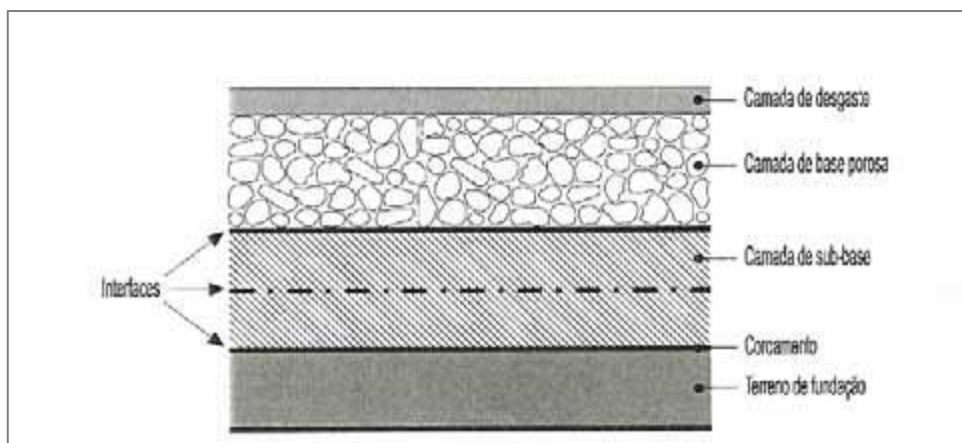


Figura 37 - Secção transversal de pavimento reservatório

A saída da água pode efectuar-se por dois modos: i) de forma distribuída, promovendo-se a infiltração directa no terreno de fundação; ii) de forma localizada, através de dreno de saída para uma câmara de visita munida a jusante de um dispositivo de regulação do caudal. (Anónimo (s/d)).

Do ponto de vista de qualidade da água, o efeito depurador de um pavimento reservatório está hoje provado através de inúmeros estudos experimentais em protótipo Balades et al. 1992b, Colandini 1997, Diniz 1993), que apontam para eficiências de redução sensíveis em termos de sólidos suspensos (entre 50% e 90%), de carga orgânica (entre 50% e 70%) e de metais, designadamente, de chumbo (entre 75% e 95%). Há ainda a referir as vantagens do ponto de vista do impacte positivo na recarga de aquíferos, no caso de pavimentos reservatório com infiltração através do terreno de fundação. (Anónimo (s/d)).

b) Valas revestidas com coberto vegetal

As valas revestidas com coberto vegetal são dispositivos de desenvolvimento longitudinal, a céu aberto, geralmente de pequena profundidade, de secção variável, podendo ser triangular, trapezoidal ou curva de pequena curvatura, e revestidas com coberto vegetal. Destinam-se a recolher as águas de escorrência superficial, transportando-as lentamente (tempos de escoamento elevados), proporcionando efeito de armazenamento e, se possível, a sua infiltração ao longo do percurso. São dispositivos aplicados com frequência na bordadura de arruamentos ou estradas, podendo igualmente constituir soluções bem integradas no espaço verde das urbanizações ou de áreas de utilização pública. A concepção destes dispositivos apresenta grande paralelismo com a concepção e o dimensionamento de trincheiras de infiltração (Anónimo (s/d)).



Figura 38 - Vala relvada integrada em espaço verde

MEDIDA IV: Reconstituição de galerias ribeirinhas e controlo de espécies exóticas

De acordo com os resultados obtidos, o eixo das alterações da Galeria Ribeirinha é que o apresenta um nível de degradação mais elevado, verificando-se o seu desaparecimento nas artérias fluviais devido à agricultura, urbanizações e estradas. Por outro lado, esta área foi ocupada por espécies exóticas invasoras.

Esta medida tem como objectivo devolver ao leito o estado próximo do natural ou do previamente existente antes da sua deterioração recente. Pretendem-se promover o repovoamento vegetal e a formação de diferentes habitats, sem que cheguem a desenvolver-se em excesso espécies dominantes que excluam as restantes.



Figura 39 e 40 -Troço do rio Grande (40 e 42 respectivamente) com ausência de galerias ribeirinhas e com vegetação infestante nas margens (*Arundo donax* L)

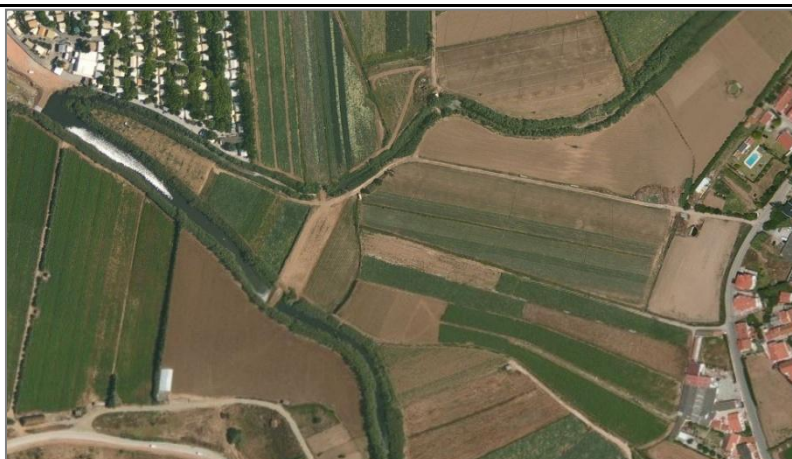


Figura 41- Troço 40 e 42 do Rio Grande (Fotografia aérea) onde é possível verificar a ausência de galeria ribeirinha e invasão de espécies exóticas.

ACÇÃO 8: Estabelecimento do espaço ribeirinho e diminuição do declive lateral do canal

Segundo Abelho, M. (2012), o uso intensivo das planícies de inundação, principalmente para fins agrícolas, levou à rectificação do traçado dos canais e à eliminação da vegetação ribeirinha arbórea (Figura 42), para além disso, a rectificação do traçado do rio e os trabalhos de canalização ou de dragagem resultam em processos de aprofundamento e estreitamento do canal, formando taludes laterais com declive acentuado impróprios para o estabelecimento da vegetação .

O objectivo desta acção é afastar as actividades agrícolas do canal deixando uma banda de vegetação protectora entre eles (Figura 44) e promover a reconstrução da morfologia do canal, abrindo a secção para facilitar a deslocação lateral da água.

A criação de uma banda protectora sem cultivo tem como efeitos positivos sem cultivo a reconsolidação do solo, a melhoria da sua resistência à erosão, menor adição de fertilizantes ou outros produtos desfavoráveis à qualidade da água próximo do canal, e a recuperação gradual da vegetação ribeirinha.

Deverá proceder-se a intervenções que promovam a diminuição do declive das margens (Figura 43), que favorece a conexão entre o canal e a planície de inundação, diminuindo a velocidade da corrente e a sua capacidade de transporte, passando-se de um processo de erosão de fundo para um processo de sedimentação que leva ao aumento do nível freático.

O alargamento superior das margens deve resultar na diminuição do seu declive para 20 - 25%, o que aumenta a estabilidade e favorece o crescimento da vegetação nos substratos mais estáveis .

Para favorecer a formação de meandros alternam-se secções assimétricas, com um declive menor numa das margens (bordo interno do meandro) com secções simétricas (correspondentes a troços entre meandros) e secções novamente assimétricas com o lado com maior declive oposto ao anterior .

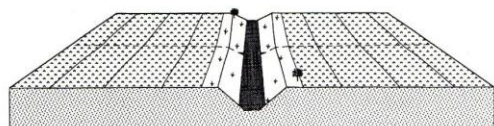


Figura 42 - Rectificação do traçado dos canais
Petersen *et al.*, 1992)

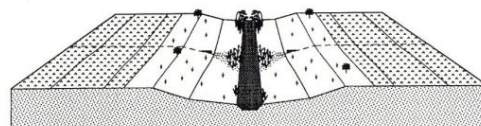


Figura 43 — Diminuição do declive das margens
Petersen *et al.*, 1992)

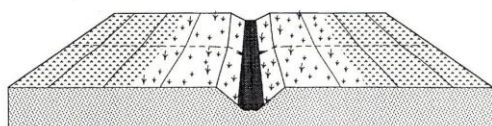


Figura 44 - Banda de vegetação protectora
Petersen *et al.*, 1992)

ACÇÃO 9: Reflorestação do espaço ribeirinho

O objectivo desta acção consiste em desenvolver a heterogeneidade dos habitats e a continuidade da galeria ribeirinha através da reflorestação de espécies autóctones promovendo a reestruturação e o funcionamento dos ecossistemas.

Pode ocorrer naturalmente, mas numa restauração pode acelerar-se o processo mediante a plantação ou sementeira de espécies nativas de crescimento rápido (Figura 45).

Segundo Abelho, M. (2012), deve efectuar-se depois da restauração da morfologia do canal, assegurando que o espaço ribeirinho onde se faz a plantação está hidrologicamente ligado ao canal.

No caso de se pretender um aumento da sinuosidade do canal, as plantações devem realizar-se nos sectores onde se pretende que o rio não avance (na margem interna dos meandros ou nos troços rectos), deixando sem vegetação os sectores correspondentes à margem externa dos meandros para que o rio possa avançar e recuperar a sua sinuosidade. Se o traçado do canal já foi conseguido ou para efeitos de estabilização, deve plantar-se na margem sujeita a maior erosão, ou seja no bordo externo dos meandros (figura 48).

Quando o rio não transporta sedimentos grosseiros provenientes de montante e os do próprio troço foram eliminados por dragagem ou por erosão do fundo, devem adicionar-se ao canal sedimentos grosseiros, o rio irá distribuí-los promovendo a formação alternada de zonas de rápidos e de remansos

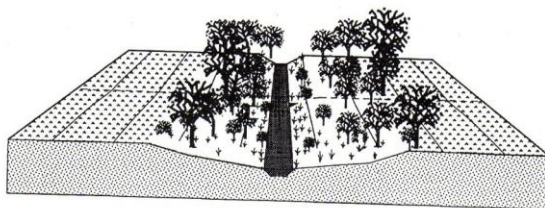


Figura 45 — Reflorestação da zona Ribeirinha (Petersen *et al.*, 1992)



Figura 46 — Formação de rápidos e remansos (Petersen *et al.*, 1992)

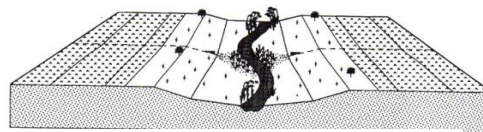


Figura 47 — Recuperação da sinuosidade do rio (Petersen *et al.*, 1992)

A plantação na margem externa dos meandros promove a estabilidade do canal impedindo a acentuação das curvas. A margem externa dos meandros fica assim com maior declive enquanto que a margem interna tem declive mais suave permitindo a inundação lateral. As funções que a vegetação ribeirinha desempenha no funcionamento do ecossistema fluvial fazem com que a largura da banda de vegetação a plantar seja condicionada pelo objectivo principal da recuperação.

Controlo da entrada de sedimentos finos durante as cheias: 15-60 m

- Controlo da erosão das margens e do leito do rio: 25-60 m
- Controlo da chegada de nutrientes ao canal: 25-65 m
- Protecção de diques: 25-90 m
- Controlo da temperatura da água: 7-60 m
- Protecção das espécies aquáticas: 7-15 m
- Protecção da fauna selvagem: 60-90 m

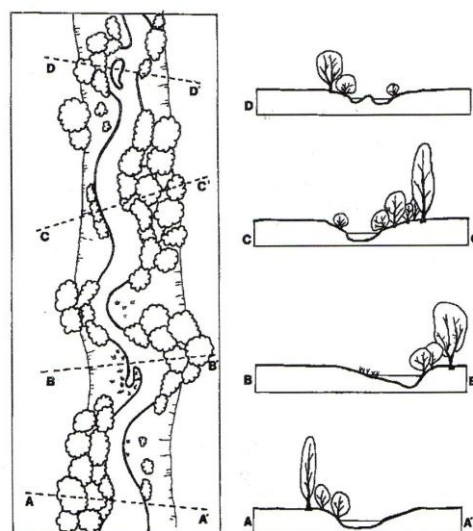


Figura 48 - Reforço da estabilidade das margens (Petersen *et al.*, 1992)

Consoante os autores, a largura mais frequentemente aconselhada para a função protectora da banda de vegetação ribeirinha (*buffer strips*) é 30-50 m de cada lado do canal. Para a efectiva redução da entrada de nitratos na água deve ser sempre > 10 m.

Os impactos ambientais de espécies exóticas invasoras variam de acordo com as características biológicas de cada espécie, que definem sua capacidade de adaptação às condições físicas e biológicas locais de cada ambiente para o qual a espécie foi levada. O impacto mais freqüente decorre da dominância do meio invadido, o que implica a expulsão de espécies nativas, a redução de populações naturais, por vezes com risco de extinções locais (Ziller & Galvão, 2002). Podem também ocasionar a quebra de cadeias tróficas, a alteração de ciclos naturais, de características químicas ou físicas de solos e do equilíbrio hídrico (Ziller & Galvão, 2002, citado por Dechoum, (s.d.)).

De acordo com Dechoum, M (s.d.) para o controlo de espécies exóticas invasoras deverá ser feito um diagnóstico inicial da situação a corrigir e seleccionar o método e técnica que mais se adequa a cada situação.

O Diagnóstico consiste no levantamento e o mapeamento das ocorrências de espécies exóticas é o primeiro passo na elaboração do plano de acção. O mapeamento pode ser feito com o uso de um GPS, por meio do qual devem ser georreferenciadas todas as ocorrências de populações e/ou indivíduos isolados de espécies exóticas invasoras, bem como sobre o tipo de ambiente invadido e a densidade e a situação de invasão em cada ponto de ocorrência. O importante é que se consiga identificar onde as espécies estão e qual a gravidade da invasão em cada ponto de ocorrência. Este diagnóstico está representado no capítulo 4 na figura 27 do presente trabalho.

Os métodos e técnicas de controlo de plantas podem ser divididos em três grupos: controlo mecânico ou físico, controlo químico e controlo biológico.

O *Controlo mecânico* consiste na remoção física das plantas, seja por arranque, remoção da parte subterrânea, corte ou anelamento. Tem boa eficiência como método isolado apenas para plantas que não apresentam reprodução vegetativa ou capacidade de rebrota. Como a grande parte das espécies exóticas invasoras rebrota com facilidade, é quase sempre necessário combinar o controlo mecânico ao controle químico. Não se recomenda o arranque de plantas que formam banco de sementes longo, pois o acto de revirar o solo traz à superfície sementes depositadas em camadas mais profundas, até então com poucas condições ambientais para germinação.

O *Controlo químico* embora ocasionalmente haja polémica referente ao uso de herbicidas para controlo de espécies exóticas invasoras, especialmente em áreas legalmente protegidas que têm como objectivo a conservação da biodiversidade, herbicidas, graminicidas e outros produtos químicos constituem ferramentas essenciais para se alcançar bons resultados no controle de invasões biológicas e em processos de restauração ambiental. A negação de evidências científicas e de experiências

consagradas no mundo com o uso de herbicidas pode levar a perdas significativas de áreas naturais de alto valor biológico (Sigg, 1999). A aplicação de produtos químicos para o controlo de espécies exóticas invasoras em ambientes naturais é feita de forma totalmente distinta do tradicional uso agrícola de alto impacto, com aplicações extremamente localizadas, em geral directamente sobre o toco ou o caule das plantas-alvo. Os tratamentos são de pequeno volume, sendo os instrumentos aplicadores mais comuns pequenas bisnagas ou aspersores de volumes entre 1 e 2 litros.

O *Controlo biológico* fundamenta-se na introdução de agentes de controlo em geral originados do mesmo ambiente de distribuição natural da espécie a ser controlada.

Em muitos casos, de invasões de grande extensão, o controlo biológico é a única solução viável. Segundo Rejmánek & Pitcairn (2003), quando uma espécie exótica tem vasta área de invasão (>10 000 ha), o controlo biológico espécie-específico parece ser a única forma de controlo efectiva para eliminar a abundância da espécie.

5.2 CARTA DE PLANEAMENTO DE MEDIDAS E ACÇÕES DE RESTAURO

Do delineamento das medidas e acções de restauro descritas anteriormente, a nível das sub-bacias e dos troços fluviais, foi possível produzir a Carta de Planeamento de Restauro Fluvial (Figura 49) que sintetiza as diversas acções a implementar na bacia do rio Grande.

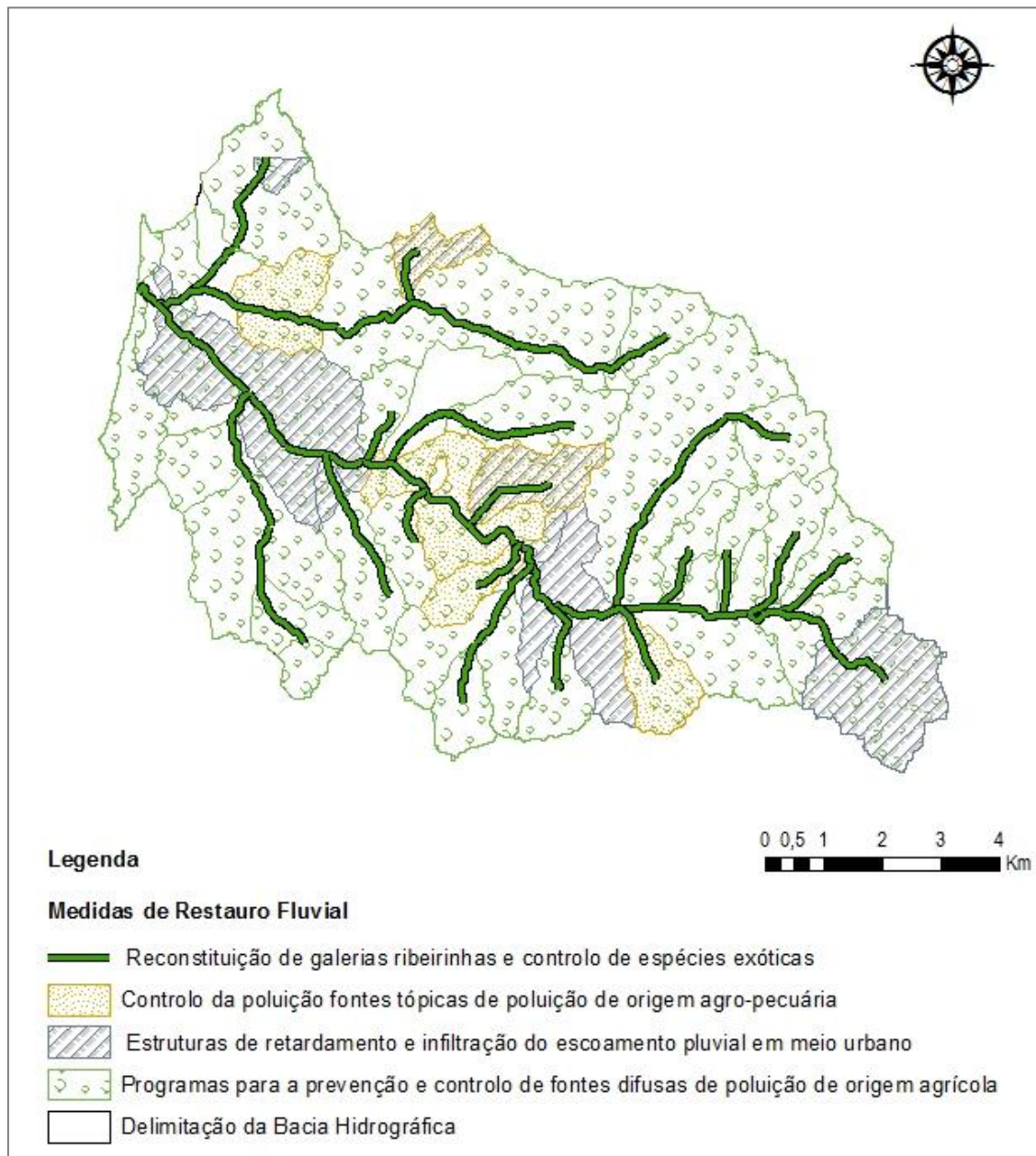


Figura 49 - Carta de Planeamento de Restauro Fluvial

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente trabalho e a aplicação da metodologia da Pré-classificação do Estado Ecológico (PEE) forneceu uma melhor percepção do estado de conservação da rede fluvial do Rio Grande. Apesar do estado geral do Rio Grande apresentar um nível de degradação elevado, a aplicação da metodologia permitiu a identificação dos troços e áreas passíveis de recuperar com a implementação das medidas e acções de restauro .

As lacunas de informação no que respeita à avaliação físico-química da água, e a uma possível omissão de algumas variáveis que compõem o eixo da qualidade da água, por exemplo, as fontes tóxicas de poluição (descargas clandestinas) darão certamente origem a um desvio dos resultados obtidos neste eixo, provocando um cenário menos favorável ao estimado neste trabalho.

Para uma avaliação mais rigorosa da qualidade da água, é também importante aferir a quantificação de alguns indicadores de cargas poluentes tais como o azoto, fósforo, sólidos suspensos totais, provenientes das actividades agro-pecuárias, águas residuais domésticas e actividades industriais, bem como a carência química e bioquímica de oxigénio. Seria igualmente pertinente um levantamento e uma vigilância mais apertada no que respeita a descargas clandestinas para proceder à desactivação destas.

Outro resultado que pode levantar algumas dúvidas é o resultado do Eixo das alterações da Galeria Ribeirinha- Perda de galeria Ribeirinha e Quantidade de Espécies invasoras, isto porque a medição da largura das margens ocupadas por vegetação ribeirinha ou espécies invasoras (canas) foi obtida através da visualização do *GoogleEarth*, tendo-se verificado algumas situações de incerteza devido à fraca definição de imagem no momento das medições. Apesar disso os resultados foram frequentemente comparadas com medições efectuadas no *software* ArcGIS e foram ainda efectuadas visitas ao terreno a fim de clarificar essas mesmas incertezas.

Para uma avaliação mais rigorosa destas variáveis deverá ser feito um trabalho de campo mais intensivo, percorrendo todo o corredor fluvial com o objectivo de obter resultados mais concretos e reais.

No que respeita à determinação das alterações da quantidade de água do sistema fluvial, este está profundamente dependente da existência de dados de caudal, estimados ou medidos para cada troço fluvial. Idealmente seria comparado o regime natural para cada troço fluvial com o regime de caudal actual, de forma a compreender-se as alterações de caudais existentes. Por este motivo torna-se necessário recolher dados e desenvolver metodologias que permitam uma avaliação das alterações do regime de caudais para substituir outras variáveis indirectas que possam ser usadas na metodologia PEE.(Freitas, 2012).

Como já referido anteriormente, o estado de degradação do Rio Grande é muito elevado, pelo que as propostas de restauro aplicam-se a todos os troços e respectivas bacias em função das pressões que são alvo. Desta forma as propostas de acções de restauro visam a obtenção de uma melhoria do estado de conservação do rio, tendo como objectivo primordial obter um estado próximo do natural e atingir o “Bom estado ecológico”.

As imagens apresentadas ao longo do trabalho demonstram o desequilíbrio ambiental no rio, com excesso de algas nas massas d’água evidenciando a eutrofização do sistema fluvial, relevando o seu estado de degradação. Além disso, é urgente restaurar a galeria ribeirinha e, dessa forma, aumentar a filtragem de nutrientes e a capacidade de infiltração do solo. Sendo estes os principais problemas deste sistema fluvial, as propostas apresentadas visam, entre outras, o controlo da poluição difusa, através da adopção de programas de práticas agrícolas sustentáveis e monitorização da qualidade da água e a reflorestação do espaço ribeirinho e controlo de espécies exóticas.

Desta forma, pretende-se que o presente trabalho contribua para atingir os objectivos definidos para os Estados Membros pela DQA, uma vez que promove a conservação dos ecossistemas ribeirinhos e a utilização sustentável dos recursos hídricos.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Abelho, M.(2012). Ecossistemas Fluviais - Recuperação Ecológica. Escola Superior Agraria de Coimbra. Disponível em http://www.esac.pt/Abelho/EcologiaII_LEAM/teorica/8.Recuperacao.pdf, acedido em 21 /08/2013

Almeida, J., Lima, A. , Nave, J.,Casanova, J., Schmidt,L. (2001). II Inquérito Nacional- Os Portugueses e o Ambiente. OBSERVA – Ambiente, Sociedade e Opinião Pública.

Anónimo (s/d), Sistema de drenagem de água Pluviais (pp.90-147). Instituto Superior Técnico. Disponível em <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/141008/1/6%20Capitulo%205.pdf> acedido em 18/08/2013

Arizpe,D., Mendes, A. Rabaça, J. (2009). Zonas Ribeirinhas Sustentáveis- Um Guia de Gestão (pp 213-2014)

Barroso, A. (2011). *Planeamento e Optimização de Acções de Restauro Fluvial*. Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

Barroso, A, Garcia-Gonzalo, J., Aguiar, F, Ferreira M.T (s.d). Planeamento e Priorização de acções de restauro: aplicação à região do Algarve (s.p.). Universidade Técnica de Lisboa

Bossard, M., Feranec, J., Otahel, J. (2000). *CORINE land cover technical guide - Addendum 2000. Technical Report No. 40. European Environmental Agency. Copenhagen.*

Calouro, F. (2005). Manual Básico de Práticas Agrícolas: Conservação do Solo e da Água (pp 47-64). Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa.

Ceolin, L.P.W. (2010). *Plano de Restauro de Qualidade Ecológica de duas Ribeiras Do Oeste*. Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais, Universidade de Évora. Évora.

Cortes, R., Oliveira, S., Cabral, D., Santos, S., Ferreira, M. (2002). *Different scales of analysis in classifying streams: from a multimetric towards an integrated system approach. Archives fur Hydrobiology.* 209 – 224.

Cortes, R., Oliveira, D. (2004). Requalificação de cursos de água. Instituto da Água. Lisboa

Dechoum, M. (s.d). Métodos e técnicas de erradicação e controle de espécies exóticas invasoras aplicáveis em unidades de conservação: as melhores práticas. Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental

Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de Outubro. Aprova a delimitação georreferenciada das regiões hidrográficas, estabelecendo, no âmbito da Lei da Água, a delimitação das regiões hidrográficas do território português.

Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água.

Fernandes, M.R., Ferreira M. T., Hughes S., Cortes R., Santos J., Pinheiro P. (2007). Pré-classificação da Qualidade Ecológica na Bacia de Odelouca e sua Utilização em Directrizes de Restauro. Recursos Hídricos.

Freitas, L.(2012).*Planeamento de Restauro Fluvial da Bacia do Rio Alcoa*. Mestrado em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

Gonçalves, M. S. (2005). Gestão de Resíduos Orgânicos. Sociedade Portuguesa de Inovação. Consultadoria Empresarial e Fomento da Inovação, S.A.. 69-81.

Hermoso, V., Pantus, F., Olley, J., Linke, S., Mugodo, J., Lea, P. (2011). *Systematic planning for river rehabilitation: integrating multiple ecological and economic objectives in complex decisions*. Blackwell Publishing Ltd. 1 – 9.

Henriques, A.; West, C. A. & Pio, S. (2000). Directiva Quadro da Água - Um instrumento Integrador da Política da Água da União Europeia: In Proceedings do 5º Congresso da Água e o Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Novo Século, Culturgest, Lisboa.

INAG, I. P. (2006). Implementação da Directiva Quadro da Água: 2000-2005. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.

INAG I.P. (2002). Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos, Ecologia Gestão e Conservação. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.

Júnior, T. (s.d.). Zonas-tampão ripárias no planeamento e gestão de ecossistemas fluviais em paisagens agrícolas (s.p.). Universidade Técnica de Lisboa

Young, T.P. (2000). Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation* 92: 73- 83.

ANEXOS

Principais ferramentas utilizadas no *software* de Sistema de
Informação Geográfica- *ArcGIS*

Principais ferramentas utilizadas no *software* de Sistema de Informação Geográfica- ArcGIS

